

JP2003244050

PUB DATE: 2003-08-29

APPLICANT: HITACHI CABLE; HITACHI LTD + (HITACHI CABLE LTD, ; HITACHI LTD)

HAS ATTACHED HERETO A MACHINE TRANSLATION

Jpn. Pat. Appln. KOKAI Publication 2003-244050

SP Number : B0008P1196

(English Documents Translated by Translation Software)

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 2003-244050

(43) Date of publication of application : 29.08.2003

(51) Int. C1.

H04B 7/212

H04B 7/26

H04J 3/00

(21) Application number : 2002-037152 (71) Applicant : HITACHI CABLE LTD

HITACHI LTD

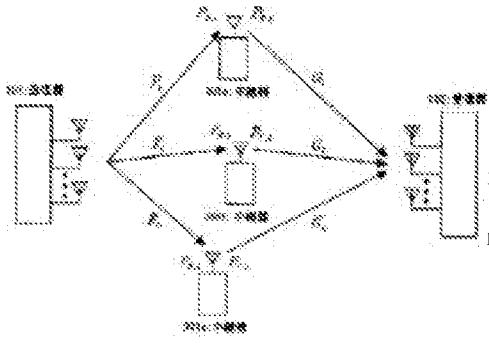
(22) Date of filing : 14.02.2002 (72) Inventor : SAKAI KATSUMI

TAMAKI TAKESHI

YANO TAKASHI

(54) METHOD FOR CONTROLLING TRANSMISSION POWER FOR REPEATER

(57) Abstract:



PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for controlling transmission power for a repeater capable of obtaining a greater communication line capacity by controlling transmission power of the repeater so as to approach a propagation path to a multi-path propagation path in a multi-point relay transmission system.

SOLUTION: The transmission power PT_i of each repeater 301 is controlled to satisfy a relation of $PT_1G_1=PT_2G_2=\dots=PT_LG_L$, where L is the number of repeaters, PT_i is the transmission power of the i -th repeater 301, and G_i is a propagation power loss between the i -th repeater 301 and a receiver 102.

* NOTICES *

JPO and INPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] A dispensing means which distributes data to transmit to two or more antennas. A training signal multiplexing means which multiplexes a training signal for using it for data restoration with a receiver to these distribution data.

A transmitter provided with a transmission section which transmits these multiplexing data from each antenna as a radio signal to predetermined timing.

A reception means which receives a radio signal by transmit timing of said transmitter.

A buffer in which a received signal is stored, and a transmitting means which transmits this stored signal as a radio signal to timing which carried out the specified time lag to transmit timing of said transmitter.

Are a transmitting power control method of a translator provided with the above, and the number of translators is set to L (L is a natural number), When making transmission power of the i-th translator (i is a natural number from 1 to L) into P_{Ti} and making propagation power loss between the i-th translator and a receiver into G_i , $P_{T1}G_1=P_{T2}G_2=$.

-- Transmission power P_{Ti} of each translator is controlled to fill $=P_{\text{tangent line}}G_L$.

[Claim 2]A dispensing means which distributes data to transmit to two or more antennas.

A training signal multiplexing means which multiplexes a training signal for using it for data restoration with a receiver to these distribution data.

A transmitter provided with a transmission section which transmits these multiplexing data from each antenna as a radio signal to predetermined timing.

A reception means which receives a radio signal by transmit timing of said transmitter.

A buffer in which a received signal is stored, and a transmitting means which transmits this stored signal as a radio signal to timing which carried out the specified time lag to transmit timing of said transmitter.

When are a transmitting power control method of a translator provided with the above, the number of translators is set to L (L is a natural number), received power of the i-th translator (i is a natural number from 1 to L) is made into P_{Ri} and i-th transmission power is made into P_{Ti} , $P_{T1}/P_{R1}=P_{T2}/P_{R2}=$. -- Transmission power P_{Ti} of each translator is controlled to fill $=P_{\text{tangent line}}/P_{RL}$.

[Claim 3]A dispensing means which distributes data to transmit to two or more antennas, and a training signal multiplexing means which multiplexes a training signal for using it for data restoration with a receiver to these distribution data, A transmitter

provided with a transmission section which transmits these multiplexing data from each antenna as a radio signal to predetermined timing, A reception means which receives a radio signal by transmit timing of said transmitter, and a buffer in which a received signal is stored, Two or more translators provided with a transmitting means which transmits this stored signal as a radio signal to timing which carried out the specified time lag to transmit timing of said transmitter, A reception means which receives a radio signal with two or more antennas by transmit timing of two or more of said translators, respectively, A characteristic information acquisition means which searches for information about a propagation path characteristic from a training signal multiplexed to these received data, In a multi spot relay transmission system which communicates from a transmitter to a receiver through two or more translators using a receiver provided with a data restoration means to restore data which said transmitter distributed to each antenna from said received data using characteristic information about this propagation path characteristic, The number of translators is set to L (L is a natural number), When making transmission power of the i-th translator (i is a natural number from 1 to L) into P_{Ti} , it is $P_{T1}=P_{T2}=$.
-- A transmitting power control method of a translator controlling transmission power P_{Ti} of each translator to fill $=P_{\text{tangent line}}$.

[Translation done.]

* NOTICES *

**JPO and INPIT are not responsible for any
damages caused by the use of this translation.**

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]This invention relates to the multi spot relay transmission system which has arranged two or more translators between a transmitter with two or more transmission antennas, and a receiver with two or more receiving antennas, In particular, a propagation path is brought close to a multipass propagation path, and it is related with the transmitting power control method of the translator which can obtain bigger communication channel capacity.

[0002]

[Description of the Prior Art]In the conventional mobile communication system, to the radio signal transmitted with one transmission antenna from the transmitter for the improvement in receiving sensitivity in a receiver, It receives using two receiving antennas and the selection diversity reception using the input signal from the good receiving antenna of a signal-to-noise power ratio (S/N) and the synthetic diversity reception which adds the signal from two receiving antennas according to a signal-to-noise power ratio are known. In 3GPP (Partnership Project) which is among the standardization organizations of a third generation mobile communications standard. By transmitting the same signal from two transmission antennas, the transmission diversity which makes influence of a shelter hard to be influenced probable in the course (propagation path) which arrives even to a receiver in a radio signal, and enables improvement in receiving sensitivity in a receiver is examined. On the other hand in a standardization organization (3GPP2) different from said 3GPP. As shown in drawing 7, in the transmitter 101, distribute send data to two or more transmission antennas (M), and it transmits, pass the propagation path H -- in the

receiver 102, two or more receiving antennas (N -- this) receive the radio signal which arrived, and the communication method (MIMO;Multiple Output) of obtaining received data from N input signals in quest of the sending signal of M individual by signal processing is proposed.

[0003]Next, the principle of a MIMO system is explained. First, the sending-signal vector distributed to M pieces in the transmitter 101 is made into $\mathbf{s} = (s_1, \dots, s_M)^T$ (by an image formula, the bold letter of s shows \mathbf{s}). signal s_m transmitted from the m -th transmission antenna (m is a natural number from 1 to M) -- h_{nm} twice -- supposing it is carried out and is received by the n -th receiving antenna (n is a natural number from 1 to N), n -th input-signal x_n is expressed with a following formula (1).

[0004]

[Mathematical formula 1]

$$\mathbf{x}_n = \left\{ \sum_{m=1}^M h_{nm} s_m \right\} + \mathbf{v}_n \quad (n = 1, \dots, N) \quad \dots (1)$$

[0005]Here, v_n shall express with the receiver 102 the noise on which the signal of the n -th receiving antenna is overlapped.

[0006]Next, the procession $\mathbf{H}\mathbf{s}$ (by an image formula, the bold letter of H shows \mathbf{H}) of the N line $\times M$ sequence which makes h_{nm} an element, If input-signal $\mathbf{x} = (x_1, \dots, x_N)^T$ (the bold letter of x shows \mathbf{x} by an image formula) and noise vector $\mathbf{v} = (v_1, \dots, v_N)^T$ by which receiver superposition is carried out are used, A formula (1) can be collectively expressed about all receiving antennas like a following formula (2).

[0007]

[Mathematical formula 2]

$$\mathbf{x} = \mathbf{H}\mathbf{s} + \mathbf{v} \quad \dots (2)$$

[0008]If the propagation path procession $\mathbf{H}\mathbf{s}$ and the noise vector \mathbf{v} of a formula (2) are known, the sending signal \mathbf{s} can be searched for from the input signal \mathbf{x} . However, since the propagation situation between the transmitter 101 and the receiver 102 changes with time to communicate or places, the propagation path procession $\mathbf{H}\mathbf{s}$ does

not become settled uniquely. Then, a training signal is put on a sending signal, the receiver 102 receives a training signal, and the operation procession \mathbf{WW} (by an image formula, the bold letter of \mathbf{W} shows \mathbf{WW}) for searching for a sending signal from this input signal is calculated. It means learning the situation of the propagation path procession \mathbf{HH} and the noise vector \mathbf{vv} by training by searching for this operation procession \mathbf{WW} . Thereby, point estimate $\mathbf{ss}' = (\mathbf{s}_1', \dots, \mathbf{s}_M')^\top$ of a sending signal can be expressed with a following formula (3) using the input signal \mathbf{xx} and the operation procession \mathbf{WW} which were received after the training period.

[0009]

[Mathematical formula 3]

$$\mathbf{s}' = \mathbf{W}^T \mathbf{x}$$

... (3)

[0010] Since it becomes possible to send data several times (M times) the transmission antenna of this ideally compared with the system which sends send data from one antenna according to this MIMO system, it is expected as a system with high channel capacity around a radio frequency band (frequency utilization efficiency).

[0011] As mentioned above, the MIMO system which obtains data from the signal which distributed send data to two or more antennas, was transmitted to them in the transmitter 101, and was received with two or more antennas in the receiver 102 by signal processing is a system depending on the characteristic of the propagation path \mathbf{H} shown in the formula (2). As shown in drawing 8 (a), when many buildings exist like a city part, it reflects in many buildings and the radio signal from the transmitter 101 reaches the receiver 102 through various courses. Such a propagation path (propagation environment) is called multipass propagation environment. As shown in drawing 8 (b), the propagation path (propagation environment) which is [building / an obstacle nor / neither / to reflect] between the transmitter 101 and the receiver 102 is foreseen, and it is called propagation environment. What foresaw the characteristic of the number of communication channel capacity versus transmitting antennas in a MIMO system with multipass propagation environment, and was compared in the propagation environment is shown in drawing 8 (c). Although communication

channel capacity increases from drawing 8 (c) in proportion to the increase in the number of transmitting antennas in a multipass propagation environment, even if communication channel capacity increases the number of transmitting antennas small compared with multipass propagation environment, communication channel capacity will not increase in a prospect propagation environment. In the example shown in drawing 8, as shown in a following formula (4), (5), and (6), if 3 and the number of receiving antennas of the receiver 102 are set to 3 for the number of transmission antennas of the transmitter 101, input-signal x_1 , x_2 , and x_3 can be expressed using a formula (1).

[0012]

$$x_1 = h_{11}s_1 + h_{12}s_2 + h_{13}s_3 + v_1 \quad \text{--- (4)}$$

$$x_2 = h_{21}s_1 + h_{22}s_2 + h_{23}s_3 + v_2 \quad \text{--- (5)}$$

$$x_3 = h_{31}s_1 + h_{32}s_2 + h_{33}s_3 + v_3 \quad \text{--- (6)}$$

In a multipass propagation environment, since the course from the transmission antenna 201a to the receiving antenna 202a differs from the course from the transmission antenna 201b to the receiving antenna 202a, the value from which element h_{11} of a propagation path procession and h_{12} differ is taken. On the other hand in a prospect propagation environment, it compares with the distance between the transmission antenna 201a and the transmission antenna 201b. Since the distance between the transmission antenna 201a and the receiving antenna 202a and the distance between the transmission antenna 201b and the receiving antenna 202a are large, Since the transmission antenna 201a and the transmission antenna 201b look comparable to the receiving antenna 202a, element h_{11} of a propagation path procession and h_{12} become the similar value. For the same Reason, h_{11} and h_{13} become the value which h_{11} and h_{21} resembled again, and it becomes difficult to separate sending-signal s_1 , s_2 , and s_3 from a formula (4), (5), and (6). For the above Reason, a MIMO system can be said for channel capacitance characteristics to be good in a multipass propagation environment compared with prospect propagation environment.

[0013]However, also in prospect propagation environment, offer of a MIMO system with sufficient channel capacitance characteristics is desired. The multi spot relay

transmission system which uses a translator between a transmitter and a receiver is devised as a communication method which secures the communication channel capacity of a MIMO system to the basis of such a background also in prospect propagation environment, and patent application is done by these people (Patent Application No. 2001-399800). The multi spot relay transmission system written in the Description of this application is shown in drawing 9. If it explains in accordance with the flow of a signal, in the transmitter 101, coding processing which adds relative redundancy is performed so that the error in a radio channel can be corrected to send data, and coded data will be distributed to s_1, s_2, \dots, s_M corresponding to two or more antennas (M book), and it will transmit. The radio signal transmitted from the transmitter 101 reaches the translators [two or more (L pieces)] 301a, 301b, and 301c, and is respectively stored in the buffer of a translator as z_1, z_2, \dots, z_L . If the procession showing the propagation path characteristic between the transmitter 101 and the translators 301a, 301b, and 301c is set to propagation path procession FF (the bold letter of F shows FF by an image formula) at this time, Signal $zz = (z_1, z_2, \dots, z_L)$ (by an image formula, the bold letter of z shows zz) stored in the translators 301a, 301b, and 301c can be expressed like [formula / (2)] a following formula (7).

[0014]

[Mathematical formula 4]

$$\mathbf{z} = \mathbf{F}\mathbf{s} + \mathbf{v}' \quad \cdots \{7\}$$

[0015]Here, \mathbf{v}' (by an image formula, the bold letter of v' shows \mathbf{v}') shall express the noise on which it is superimposed.

[0016]Since a specified time lag is carried out signal z_1 stored in the translators 301a, 301b, and 301c, z_2, \dots, z_L , by storing in a buffer, z_L is again transmitted, after amplifying. The radio signal from this translator is received by the receiver 102 with two or more antennas (N). The rate of signal amplification in the translators 301a, 301b, and 301c is made into k_1, k_2, \dots, k_L , The matrix which makes these a diagonal element is set to KK (bold letter of K shows by KK ** image formula) =diag (k_1, k_2, \dots, k_L) (diag() means a diagonal matrix), If the procession showing the propagation

path characteristic between the translators 301a, 301b, and 301c and the receiver 102 is the propagation path procession GG (the bold letter of G shows GG by an image formula), Input-signal $\mathbf{x} = (x_1, \dots, x_N)^T$ which received with the receiver 102 can be expressed like a following formula (8) from a formula (2) and a formula (7).

[0017]

[Mathematical formula 5]

$$\mathbf{x} = \mathbf{GKz} + \mathbf{v}' = \mathbf{GKFs} + \mathbf{GKv}' + \mathbf{v}'' \quad \dots (8)$$

[0018]Here, \mathbf{v}'' (by an image formula, the bold letter of \mathbf{v}'' shows \mathbf{v}'') shall express the noise on which it is superimposed.

[0019]In order to ask for sending-signal $\mathbf{s} = (s_1, \dots, s_M)^T$ transmitted with the transmitter 101 algebraically from a formula (8), By making send data multiplex a known training signal, and transmitting to it, The procession WW for asking for sending-signal $\mathbf{s} = (s_1, \dots, s_M)^T$ from input-signal $\mathbf{x} = (x_1, \dots, x_N)^T$ the SMI (Sampled MatrixInverse) method of MMSE (Minimum Mean Square Error). It can ask by using it. If the procession WW can be found, point estimate $\mathbf{s}' = (s'_1, \dots, s'_M)^T$ which restored the signal divided into the antenna of M book with the transmitter 101 can ask with a following formula (9).

[0020]

[Mathematical formula 6]

$$\mathbf{s}' = \mathbf{W}^T \mathbf{x} \quad \dots (9)$$

[0021]a formula -- (-- nine --) -- obtaining -- having had -- a transmission antenna -- M -- a book -- a signal -- s -- -- one -- -- ' -- s -- -- M -- -- ' -- joining together -- having joined together -- data -- receiving -- error correction decoding -- processing -- carrying out -- things -- received data -- it can obtain .

[0022]Since the propagation path from the transmitter 101 to a translator and the propagation path from a translator to the receiver 102 are independently generated by interposing two or more translators between the transmitter 101 and the receiver 102 as explained above, By installing a translator in multi spot, it becomes possible

to generate the same propagation path characteristic as multipass propagation environment. Thereby, also in prospect propagation environment, the same channel capacitance characteristics as multipass propagation environment are acquired.

[0023]

[Problem to be solved by the invention] When the multi spot relay transmission system stated to the above-mentioned precedence application is used, the propagation path characteristic of the propagation path between the transmitter 101 and the receiver 102 is given by GGKKFF (an image type bold letter of GKF) from comparison with a formula (2) and a formula (8). In a multi spot relay system, communication channel capacity becomes large, so that the propagation path characteristic GGKKFF is brought close to the characteristic of a multipass propagation path, and communication channel capacity becomes small, so that it foresees conversely and brings close to the characteristic of a propagation path. For this reason, it becomes important when bringing the propagation path characteristic GGKKFF between transmitter receivers close to a multipass propagation path characteristic in a multi spot relay transmission system enlarges communication channel capacity.

[0024] For example, a translator becomes hard spatially, in existing (gathering), each element of the propagation path characteristics FF and GG serves as a value which was mutually alike as mentioned above, as a result propagation environment between the transmitter 101 and the receiver 102 is foreseen, and becomes close to propagation environment, and communication channel capacity becomes small. On the contrary, when a translator spreads spatially and exists, propagation environment between the transmitter 101 and the receiver 102 becomes close to multipass propagation environment easily. Therefore, in a multi spot relay system, in order to bring propagation environment between the transmitter 101 and the receiver 102 close to multipass propagation environment, it is necessary for a translator to spread to some extent and to exist spatially.

[0025] On the other hand, if it notes that KK a procession of an amplification factor of a translator is contained in the propagation path characteristic GGKKFF between the transmitter 101 and the receiver 102, it will be thought that propagation

environment can be brought further close to multipass propagation environment.

However, if KK an amplification factor of a translator is made into what kind of value, it is not known about whether communication channel capacity becomes large.

[0026] In other words, controlling KK an amplification factor of a translator is controlling transmission power of a translator.

[0027] Then, the purpose of this invention solves an aforementioned problem, brings a propagation path close to a multipass propagation path by controlling transmission power of a translator in a multi spot relay transmission system, and there is in providing a transmitting power control method of a translator which can obtain bigger communication channel capacity.

[0028]

[Means for solving problem] To achieve the above objects, a dispensing means which distributes data to transmit to two or more antennas, A training signal multiplexing means which multiplexes a training signal for using it for data restoration with a receiver to these distribution data, A transmitter provided with a transmission section which transmits these multiplexing data from each antenna as a radio signal to predetermined timing, A reception means which receives a radio signal by transmit timing of said transmitter, and a buffer in which a received signal is stored, Two or more translators provided with a transmitting means which transmits this stored signal as a radio signal to timing which carried out the specified time lag to transmit timing of said transmitter, A reception means which receives a radio signal with two or more antennas by transmit timing of two or more of said translators, respectively, A characteristic information acquisition means which searches for information about a propagation path characteristic from a training signal multiplexed to these received data, In a multi spot relay transmission system which communicates from a transmitter to a receiver through two or more translators using a receiver provided with a data restoration means to restore data which said transmitter distributed to each antenna from said received data using characteristic information about this propagation path characteristic, The number of translators is set to L (L is a natural number), When making received power of the i-th translator (i is a natural number

from 1 to L) into P_{R_i} , making transmission power of the i-th translator into P_{T_i} and making propagation power loss between the i-th translator and a receiver into G_i ,

By invention of Claim 1, it is $P_{T_1}G_1=P_{T_2}G_2=\dots=P_{T_L}G_L$ (10)

***** -- transmission power P_{T_i} of each translator is controlled like.

[0029] By invention of Claim 2, it is $P_{T_1}/P_{R_1}=P_{T_2}/P_{R_2}=\dots=P_{T_L}/P_{R_L}$ (11)

***** -- transmission power P_{T_i} of each translator is controlled like.

[0030] By invention of Claim 3, it is $P_{T_1}=P_{T_2}=\dots=P_{T_L}$ (12)

***** -- transmission power P_{T_i} of each translator is controlled like.

[0031]

[Mode for carrying out the invention] Hereafter, one embodiment of this invention is explained in full detail based on an accompanying drawing.

[0032] As shown in drawing 1, two or more translators 301a, 301b, and 301c of L piece ** are arranged between the transmitter 101 which has a transmission antenna of M book in Transmission Systems Division using the multi spot relay transmission system concerning this invention, and the receiver 102 with the receiving antenna of N book. Here, although 2 and the number of antennas of the receiver 102 explain 2 and the number of translators explains operation concretely as 2 in the number of antennas of the transmitter 101 about invention of Claim 1, that it is operation with the same said of arbitrary things has the transmission antenna M [several], the receiving antenna N [several], and the natural number L of translators.

[0033] First, relation between a transmitting power control method of a translator and an amplification factor of a translator is explained. A sending signal of the 1st translator ($i=1$) 301a becomes k_1z_1 from a formula (7) and a formula (8). Transmission power P_{T_1} of the 1st translator 301a makes f_{1j} an element of an i line j sequence of procession FF, and if a noise component contained in k_1z_1 is small enough compared with a signal component and it is approximated, it will be given with a following formula (13).

[0034]

$$P_{T_1} = \langle |k_1z_1|^2 \rangle = (\text{approximation}) \langle |k_1(f_{11}s_1 + f_{12}s_2)|^2 \rangle \quad (13)$$

$\langle \rangle$ means an average here. = (approximation) is an approximation equal mark. Since

each transmission antenna of the transmitter 101 approaches mutually, and is usually installed and distance between each transmission antenna is shorter than distance between transmitter translators enough, Since a transmission antenna of transmitter 101 throat is also considered that propagation path coefficient f_{ij} between a transmitter and a translator becomes comparable, it can approximate with $|f_{11}|=(\text{approximation}) |f_{12}|$. When this approximation is used, propagation power loss F_1 between the transmitter 101 and the 1st translator 301a is $F_1=(\text{approximation}) |f_{11}|^2=(\text{approximation}) |f_{12}|^2$ (14).

It can express. If it assumes that there is no correlation sending-signal s_1 of two transmission antennas, and between s_2 , a formula (13) can be approximated to a formula (15).

[0035]

$$P_{T1}=(\text{approximation}) |k_1|^2 F_1 \langle |s_1|^2 + |s_2|^2 \rangle \quad (15)$$

Similarly, if approximated with $|f_{21}|=(\text{approximation}) |f_{22}|$, propagation power loss F_2 between the transmitter 101 and the 2nd translator 301b can be expressed with a formula (16), and transmission power P_{T1} of the 2nd translator 301b can be approximated by a formula (17).

[0036]

$$F_2=(\text{approximation}) |f_{21}|^2=(\text{approximation}) |f_{22}|^2 \quad (16)$$

$$P_{T2}=(\text{approximation}) |k_2|^2 F_2 \langle |s_1|^2 + |s_2|^2 \rangle \quad (17)$$

Make the element of the i line j sequence of the procession GG into g_{ij} , and by the same view as between transmitter translators. | If approximated with $|g_{11}|=(\text{approximation}) |g_{12}|$ and $|g_{21}|=(\text{approximation}) |g_{22}|$, Propagation power loss G_1 between the 1st translator 301a and the receiver 102 can be approximated by a formula (18), and propagation power loss G_2 between the 2nd translator 301b and the receiver 102 can be approximated by a formula (19).

[0037]

$$G_1=(\text{approximation}) |g_{11}|^2=(\text{approximation}) |g_{12}|^2 \quad (18)$$

$$G_2=(\text{approximation}) |g_{21}|^2=(\text{approximation}) |g_{22}|^2 \quad (19)$$

Here, if a formula (15), (17), (18), and (19) are applied to the formula (10) of Claim

1 and the square root of both sides is taken, a formula (10) will turn into a formula (20).

[0038]

$$k_1\sqrt{F_1G_1} = (\text{approximation}) \quad k_2\sqrt{F_2G_2} \quad (20)$$

When applying a transmitting power control method of Claim 1 from this, a formula (20) will determine rate of signal amplification k_1 of the 1st and 2nd translator 301a and 301b, and k_2 .

[0039] When the number of translators is L, a formula (21) determines rate of signal amplification k_1 of a translator, k_2 , --, k_L .

[0040]

$$k_1\sqrt{F_1G_1} = (\text{approximation}) \quad k_2\sqrt{F_2G_2} = (\text{approximation})$$

$$\text{--} = (\text{approximation}) \quad k_L\sqrt{F_LG_L} \quad (21)$$

That is, when a formula (10) of Claim 1 is re-** (ed), it is $P_{T1}G_1=P_{T2}G_2=\text{--}=P_{\text{tangent}}_{\text{line}}G_L$ (10)

It comes out. Received power $P_{Ri}=(\text{approximation}) F_{ix}$ of a translator (transmission power of a transmitter), Since it is transmission power $P_{Ti}=k_i^2P_{Ri}$ of a translator, if it transforms a formula (10) into a formula of transmission power of a transmitter and transmission power of a transmitter which is a least common denominator is eliminated, $k_1^2F_1G_1=k_2^2F_2G_2=\text{--}=k_L^2F_LG_L$ is obtained. A formula (21) will be obtained if a square root of both sides of this formula is taken.

[0041] Next, when a formula (20) determines rate of signal amplification k_1 of the 1st and 2nd translator 301a and 301b, and k_2 , it explains that the propagation path characteristic GGKKFF approaches a multipass propagation path characteristic. It will become a formula (22) if the ingredients label of the propagation path characteristic GGKKFF is carried out.

[0042]

[Mathematical formula 7]

$$\mathbf{GKF} = \begin{pmatrix} g_{11}k_1f_{11} + g_{12}k_2f_{21} & g_{11}k_1f_{12} + g_{12}k_2f_{22} \\ g_{21}k_1f_{11} + g_{22}k_2f_{21} & g_{21}k_1f_{12} + g_{22}k_2f_{22} \end{pmatrix} \quad \dots \quad (22)$$

[0043] A formula (22) means that each element of the procession GGKKFF is expressed

with a form of the sum of a propagation path which goes via the 1st translator 301a, and a propagation path which goes via the 2nd translator 301b. A formula (23) will be obtained if a formula (14), (16), (18), and (19) are applied to a formula (22).

[0044]

[Mathematical formula 8]

$$GKF = \left(\begin{array}{c} |g_{11}k_1f_{11}|d_{11,11} + |g_{22}k_2f_{22}|d_{12,21} \\ |g_{11}k_1f_{11}|d_{21,11} + |g_{22}k_2f_{22}|d_{12,21} \\ |g_{11}k_1f_{11}|d_{11,22} + |g_{22}k_2f_{22}|d_{12,22} \\ |g_{11}k_1f_{11}|d_{21,22} + |g_{22}k_2f_{22}|d_{22,22} \end{array} \right) \quad \dots (23)$$

[0045]Here, they are $d_{ni\text{ and }im} = g_{ni}f_{im}/|g_{ni}f_{im}|$. The absolute value of $d_{ni\text{ and }im}$ is a complex number of 1, and the deflection angle is a phase of the propagation path in which it results [from the m-th transmission antenna] to the n-th receiving antenna via the 1st translator 301a.

[0046]It will become a formula (24) if the formula (20) by this invention is applied to a formula (23).

[0047]

[Mathematical formula 9]

$$GKF = |g_{11}k_1f_{11}| \left(\begin{array}{cc} d_{11,11} + d_{12,21} & d_{11,12} + d_{12,22} \\ d_{21,11} + d_{22,21} & d_{21,12} + d_{22,22} \end{array} \right) \quad \dots (24)$$

[0048]Each element of the propagation path characteristic GGKKFF serves as a form of the sum of a complex number which a size is equal and differs in a phase mutually from a formula (24). That is, each element of the propagation path characteristic GGKKFF becomes the value which carried out mutually-independent easily. Therefore, the propagation path characteristic GGKKFF approaches a multipass propagation path characteristic, and communication channel capacity becomes large.

[0049]On the other hand, although it is an extreme example as a case where transmission power control of this invention is not performed, | Considering the case where it is called $|g_{11}k_1f_{11}| \gg |g_{22}k_2f_{22}|$. Since it is not helpful for the 2nd translator 301b bringing the propagation path characteristic GGKKFF close to a multipass propagation path characteristic, only the part becomes what the propagation path characteristic GGKKFF keeps away from a multipass propagation path characteristic (a prospect propagation path characteristic is approached).

[0050]Next, the composition of a transmitter, a translator, and a receiver is explained, respectively.

[0051]First, the transmitter 101 is provided with the following.

As shown in drawing 2, in order to consider serial send data as an input and to perform the error correction to a data error, By carrying out serial parallel conversion of the encoding means (error correcting code machine) which performs the coding which adds relative redundancy to this serial send data, and the coded data, The dispensing means (serial-parallel-conversion machine) 501 which distributes data to transmit to two or more transmission antennas 507a, 507b, and 507c.

The training signal multiplexing means (multiplexer) 502a, 502b, and 502c which multiplex the training signal for using it for data restoration with a receiver to these distribution data.

The transmission sections 506a, 506b, and 506c which put a complex baseband signal on a subcarrier and transmit from the transmission antennas 507a, 507b, and 507c. 503 is a training signal generation part for weight calculation which generates the training signal for weight calculation which is a training signal for data restoration. 504 is a training signal generation part for propagation-loss measurement which generates the training signal for propagation-loss measurement which is a training signal for transmission power control. 505a, 505b, and 505c are modulators which change each multiplexing data into a complex baseband signal.

[0052]The translator 301 is provided with the following.

A reception means which receives a radio signal by transmit timing of the transmitter 101 as shown in drawing 3 (receive section 703 which removes a carrier component from a signal received with the antenna 701, the common machine 702, and the antenna 701, and searches for a complex baseband signal).

The demultiplexer 704 which separates a training signal for propagation-loss measurement, and a signal which should be stored from a received signal according to a timing signal.

The propagation-loss test section 705 which measures a propagation loss from a training signal for propagation-loss measurement.

The amplification factor control section 709 which controls an amplification factor based on the propagation loss, and the buffer 706 in which a received signal is stored, According to a timing signal, This stored signal to transmit timing of the transmitter 101 to timing which carried out the specified time lag as a radio signal. A transmitting means which transmits (the amplifier 707, the transmission section 708 which puts a complex baseband signal amplified by the amplifier 707 on a subcarrier, and transmits from the antenna 701, the common machine 702, the antenna 701).

[0053]As shown in drawing 4, the receiver 102, A radio signal by the transmit timing of two or more translators 301 with two or more receiving antennas 601a, 601b, and 601c. The reception means (receive sections 605a, 605b, and 605c which remove a carrier component from the signal received with the receiving antennas 601a, 601b, and 601c, and search for a complex baseband signal) received, respectively, The demultiplexers 606a, 606b, and 606c which separate the training signal for weight calculation, and received data from the received signal according to a timing signal, The characteristic information acquisition means (weight calculation parts 608a, 608b, and 608c) which searches for the information about a propagation path characteristic from the training signal for weight calculation multiplexed to these received data, A data restoration means (product sum operation parts 607a, 607b, and 607c) to restore the data which the transmitter 101 distributed to each transmission antennas 507a, 507b, and 507c from received data using the characteristic information about this propagation path characteristic, By carrying out parallel serial conversion of the these-distributed data, It has the decoding means (error correction decoder) 612 which performs an error correction to the coupling means (parallel serial converter) combined as serial data which the transmitter 101 coded, and its serial data. 611a, 611b, and 611c are demodulators which change a complex baseband signal into binary data. 604 is a training signal generation part for propagation-loss measurement which generates the training signal for propagation-loss measurement. 603 is a transmission section for transmitting the training signal for propagation-loss measurement to the translator 301. The receiving antenna 601a is

used also for transmission via the common machine 602. Since it has an equivalent internal structure mutually, the product sum operation parts 607a, 607b, and 607c product-sum-operation part 607a Accept it, and have been shown in detail. That is, the product sum operation part 607a consists of the multiplier 609 and the adding machine 610.

[0054]Transmission Systems Division of drawing 1 is constituted by the transmitter, translator, and receiver which were explained above. In this Transmission Systems Division, the training signal for weight calculation and the training signal for propagation-loss measurement other than data (it is hereafter described as commo data) to transmit to a receiver from a transmitter will be transmitted and received.

[0055]First, it is explained how commo data is transmitted and received. It is changed into parallel data after commo data is error-correcting-code-ized in the transmitter 101 with the error correcting code machine + serial-parallel-conversion machine 501. After going via the multiplexers 502a, 502b, and 502c, it becomes irregular with the modulators 505a, 505b, and 505c, and each of parallel data is transmitted as a radio signal from the transmission antennas 507a, 507b, and 507c. It is received by the antenna 701 in the translators 301a, 301b, and 301c, and the commo data transmitted from the transmitter 101 is stored in the buffer 706 through the common machine 702, the receive section 703, and the demultiplexer 704. After the beforehand fixed time passes, the commo data stored in the buffer 706 is amplified in the amplifier 707, and is again transmitted from the antenna 701. The amplification factor of the amplifier 707 at this time is controlled by the output of the amplification factor control section 709. It is received by the receiving antennas 601a, 601b, and 601c in the receiver 102, and the commo data transmitted from the translators 301a, 301b, and 301c is sent to the product sum operation parts 607a, 607b, and 607c through the demultiplexers 606a, 606b, and 606c. In the product sum operation parts 607a, 607b, and 607c, it is added after the multiplication of the dignity and the input signal (commo data) which were searched for in the weight calculation parts 608a, 608b, and 608c is carried out, and the commo data transmitted from each transmission antennas 507a, 507b, and 507c of the transmitter 101 is restored. In the parallel serial

converter + error correction decoder 612, the restored commo data is changed into serial data, and an error correction is performed and it turns into the original commo data in the transmitter 101.

[0056]Here, if explanation is added about timing control, timing of transmission and reception synchronizes between the transmitter 101, the translators 301a, 301b, and 301c, and the receiver 102. Namely, as shown in drawing 5, while the training signal A1 for propagation-loss measurement, the training signal B1 for weight calculation, B2, B3, the commo data C1, C2, and C3 are transmitted in order in the transmitter 101, The receiver 102 transmits the training signal A2 for propagation-loss measurement to the same timing as A1. Simultaneously with this, with the translators 301a, 301b, and 301c, these radio signals are received as training signal A3 for propagation-loss measurement, training signal B4 for weight calculation, B4, B4, the commo data C4, C4, and C4, and it stores in the buffer 706.

[0057]After specified time elapse, preferably, the translators 301a, 301b, and 301c are the timing which transmission from the transmitter 101 ended, and transmit training signal B5 for weight calculation from the buffer 706, B5, B5, the commo data C5, C5, and C5. With the receiver 102, these radio signals are received simultaneously with this as training signal B6 for weight calculation, B6, B6, the commo data C6, C6, and C6.

[0058]After specified time elapse, preferably, the transmitter 101 and the receiver 102 are the timing which the transmission from the translators 301a, 301b, and 301c ended, and go into the cycle of the next data transmission. Thus, the cycle in which the wireless transmission from a transmitter to a translator and the wireless transmission from a translator to a receiver carry out alternation is repeated.

[0059]In order to aim at the synchronization of the above-mentioned timing between the transmitter 101 which separated spatially mutually, the translators 301a, 301b, and 301c, and the receiver 102, the transmitter 101 transmits the pilot signal which is not shown to drawing 5, for example. The pilot signal synchronizes with the timing which transmits the radio signal which the transmitter 101 showed to drawing 5. The translators 301a, 301b, and 301c and the receiver 102 receive a pilot signal, and

control transmission and reception operations by making this pilot signal into a time standard.

[0060]Next, a training signal for weight calculation is explained. **** and the training signal generation part 503a for weight calculation generate a training signal for weight calculation of a pattern which is different in the transmission antennas 507a and 507b and 507c, respectively to the transmitter 101. This training signal for weight calculation is multiplexed with commo data by the multiplexers 502a, 502b, and 502c, and is transmitted from the transmission antennas 507a, 507b, and 507c like commo data. It is received by the antenna 701 in the translators 301a, 301b, and 301c, and a training signal for weight calculation transmitted from the transmitter 101 is again transmitted, after being stored in the buffer 706 in the same procedure as commo data. A training signal for weight calculation transmitted from the translators 301a, 301b, and 301c, It is received by the receiving antennas 601a, 601b, and 601c in the receiver 102, and is sent to the weight calculation parts 608a, 608b, and 608c through the demultiplexers 606a, 606b, and 606c. In the weight calculation parts 608a, 608b, and 608c, the dignity procession WW is calculated by the SMI method in MMSE, for example.

[0061]Next, a training signal for propagation-loss measurement is explained. In the training signal generation part 504 for propagation-loss measurement of the transmitter 101, a training signal for propagation-loss measurement for asking for propagation-loss F_i between a transmitter and a translator is generated. This training signal for propagation-loss measurement is multiplexed with commo data and a training signal for weight calculation by the multiplexer 502a, and is transmitted from the transmission antenna 507a. On the other hand, in the training signal generation part 604 for propagation-loss measurement of the receiver 102, a training signal for propagation-loss measurement for asking for propagation-loss G_i between a translator and a receiver is generated. This training signal for propagation-loss measurement is transmitted from the receiving antenna (transmitting combination) 601a. It is received by the antenna 701 in the translators 301a, 301b, and 301c, and a training signal for propagation-loss measurement transmitted from the transmitter

101 and a training signal for propagation-loss measurement transmitted from the receiver 102 are sent to the propagation-loss test section 705 through the demultiplexer 704. In the propagation-loss test section 705, electric power of these training signals for propagation-loss measurement is measured, and propagation-loss F_i and G_i are computed from a ratio with transmission power of a training signal for propagation-loss measurement decided beforehand. If a training signal for propagation-loss measurement for asking for a training signal for propagation-loss measurement for asking for propagation-loss F_i and propagation-loss G_i is made into a mutually different signal of a pattern, it is possible to identify these two training signals for propagation-loss measurement. Using propagation-loss F_i and G_i , with a following formula (25) produced by transforming a formula (21), amplification factor k_i is computed and an amplification factor of the amplifier 707 is controlled by the amplification factor control section 709.

[0062]

[Mathematical formula 10]

$$k_i = \frac{A}{\sqrt{F_i G_i}} \quad (i=1, \dots, L) \quad \dots (25)$$

[0063] Here, A is a constant decided beforehand and uses the same value with each translators 301a, 301b, and 301c. Since a formula (21) is satisfied between the translators 301a and 301b and 301c and the formula (10) of Claim 1 is satisfied by this, The characteristic of a propagation path of resulting [from the transmitter 101] in the receiver 102 through the translators 301a, 301b, and 301c approaches a multipass propagation path characteristic, and communication channel capacity becomes large.

[0064] In this embodiment, in order to measure propagation-loss F_i between transmitter translators, the training signal for propagation-loss measurement is used, but the training signal for weight calculation can be used also for measurement of propagation-loss F_i as another embodiment. In this case, the training signal generation part 504 for propagation-loss measurement of the transmitter 101 becomes

unnecessary, and only the receiver 102 will form the training signal generation part 604 for propagation-loss measurement.

[0065]Next, the embodiment of invention of Claim 2 is described. Transmission Systems Division of drawing 1 shall be constituted by the transmitter of drawing 2 explained so far, the translator of drawing 3, and the receiver of drawing 4. If amplification factor k_i is made the same with all the translators 301a, 301b, and 301c at this time, the formula (11) of Claim 2 will be filled. What is necessary is just to consider it as the same value that was able to determine the amplification factor beforehand in the amplifier 707 of the translators 301a, 301b, and 301c, in order to realize this. Since it becomes unnecessary [the training signal for propagation-loss measurement] at this time, the propagation-loss test section 705 and the training signal generation part 504, 604 for propagation-loss measurement become unnecessary. That is, the transmitter 101 and the receiver 102 can use a certain thing from the former. Therefore, an equipment configuration becomes simple rather than the embodiment of invention of Claim 1.

[0066]Next, an embodiment of invention of Claim 3 is described. Transmission Systems Division of drawing 1 shall be constituted by a transmitter of drawing 2 explained so far, a translator of drawing 3, and receiver of drawing 4. If amplification factor k_i of each translators 301a, 301b, and 301c is defined with a following formula (26) at this time, a formula (12) of Claim 3 will be filled.

[0067]

[Mathematical formula 11]

$$k_i = \frac{A}{\sqrt{F_i}} \quad (i=1, \dots, L) \quad \dots (26)$$

[0068]Here, A is a constant decided beforehand and uses the same value with each translators 301a, 301b, and 301c.

[0069]What is necessary is just to decide an amplification factor according to a formula (26) in the amplifier 707 of each translators 301a, 301b, and 301c, in order to realize this. Since propagation-loss G_i between translator receivers becomes unnecessary at this time, the training signal generation part 604 for

propagation-loss measurement of the receiver 102 becomes unnecessary, Since only the transmitter 101 should form the training signal generation part 504 for propagation-loss measurement, an equipment configuration becomes simple rather than an embodiment of invention of Claim 1.

[0070]Next, an embodiment of invention of Claim 3 is described. Transmission Systems Division of drawing 1 shall be constituted by a transmitter of drawing 2 explained so far, a translator of drawing 3, and receiver of drawing 4. Here, in each translators 301a, 301b, and 301c, AGC (Auto Gain Control) is provided instead of the amplification factor control section 709, and if it controls to amplify to amplitude beforehand decided by the amplifier 707, a formula (12) of Claim 3 will be filled. Since it becomes unnecessary [a training signal for propagation-loss measurement] at this time, the propagation-loss test section 705 and the training signal generation part 504, 604 for propagation-loss measurement become unnecessary. That is, the transmitter 101 and the receiver 102 can use a certain thing from the former. Therefore, an equipment configuration becomes simple rather than an embodiment of invention of Claim 1.

[0071]According to an above embodiment, although received power P_{R_i} of a translator, transmission power P_{T_i} , propagation power loss F_i , and G_i were used, when the antenna gains of each translator differ, this invention can be carried out, if a part for antenna gain is included in received power and transmission power and is considered.

[0072]Although all the L translators shall fill a formula (10), a formula (11), or a formula (12), Since the characteristic of a propagation path can be brought close to a multipass propagation path characteristic as much as possible and communication channel capacity can be enlarged even when some translators do not fill these formulas, this invention does not eliminate such a case.

[0073]Although the commo data which it is going to transmit presupposed that they are serial data, changed these serial data parallel, it distributed to the transmission antenna of M book, and it joined together with the receiver and being returned to serial data, This invention is effective even when transmitting parallel commo data from the transmission antenna of M book from the first.

[0074]Next, an effect is checked experimentally. Here, a length of one side shall

carry out uniform distribution of the translator into the square of R a center [the halfway point of a transmitter and a receiver], and it calculates average transmission capacity. Make the antenna of a transmitter and a receiver each into six, and let form be an linear array of a half-wave length interval ($f_c = 2$ GHz). A transmitter receiver interval shall be 100 m. Making transmission power of a transmitter into the electric power which serves as SNR30dB with a receiver at the time of un-acting as intermediary, the transmission power of each antenna presupposes that it is equal. The sum total of the transmission power of a translator presupposes that it is equal to the total transmission power of a transmitter. The number of translators is set to 30. Electric power shall be in inverse proportion to the square of distance. The noise electric power added to each receiving antenna and a translator presupposes that it is equal.

[0075]Communication channel capacity at the time of applying Claim 1 and 2 or 3 transmission-power-control systems on the above conditions is calculated about different R, and drawing 6 is filled in. A black rectangular head shows what depends what depends what is depended on a system of Claim 1 on a system of a black triangle and Claim 2 on a system of a black dot and Claim 1. Like a graphic display, a transmission-power-control system of Claim 1 can enlarge communication channel capacity most. Although Claim 2 and a transmission-power-control system of 3 have slightly small communication channel capacity, there is an advantage that an equipment configuration becomes simple as mentioned above.

[0076]If it collects above, after buffering a radio signal distributed and transmitted to two or more antennas from a transmitter with two or more translators, will transmit again, and a radio signal from this translator by receiving with two or more antennas of a receiver. In a multi spot relay transmission type MIMO system which can make multipass propagation environment in false also in prospect propagation environment which a transmitter and a receiver can foresee directly, By controlling transmission power of each translator by this invention so that electric power which transmitted from each translator reaches a receiver with almost equal electric power. Rather than a case where this invention is not controlled, since a

propagation path between a transmitter and a receiver can be close brought according to a multipass propagation path, communication channel capacity can be enlarged more.

[0077]

[Effect of the Invention] This invention demonstrates the outstanding effect like the next.

[0078] (1) according to invention of Claim 1, each element of the determinant showing a propagation path characteristic is mutually-independent -- since the bottom becomes a value, a propagation path characteristic approaches a multipass propagation path characteristic, and communication channel capacity becomes large.

[0079] (2) According to invention of Claim 2, although it is not as Claim 1, a propagation path characteristic approaches a multipass propagation path characteristic, communication channel capacity becomes large, and, moreover, it can realize with simple composition.

[0080] (3) According to invention of Claim 3, although it is not as Claim 1, a propagation path characteristic approaches a multipass propagation path characteristic, communication channel capacity becomes large, and, moreover, it can realize with simple composition.

[Translation done.]

* NOTICES *

**JPO and INPIT are not responsible for any
damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is a block diagram of Transmission Systems Division showing one embodiment of this invention.

[Drawing 2] It is a block diagram of the transmitter for carrying out this invention.

[Drawing 3] It is a block diagram of the translator for carrying out this invention.

[Drawing 4] It is a block diagram of the receiver for carrying out this invention.

[Drawing 5] It is a timing diagram of the transmission and reception in this invention.

[Drawing 6] It is a related figure of the spatial breadth of Transmission Systems Division of this invention, and communication channel capacity.

[Drawing 7] It is a block diagram of Transmission Systems Division by a MIMO system.

[Drawing 8] It is a figure showing the relation of the propagation environment and communication channel capacity in Transmission Systems Division by a MIMO system, and the block diagram of multipass propagation environment and (b) foresee (a), and the block diagram of propagation environment and (c) are the characteristic figures of several pairs antenna communication channel capacity.

[Drawing 9] It is a block diagram of Transmission Systems Division by the multi spot relay transmission type MIMO system used as the foundation of this invention.

[Explanations of letters or numerals]

101 Transmitter

102 Receiver

301, 301a, 301b, and 301c Translator

501 Encoding means + dispensing means (error correcting code machine + serial-parallel-conversion machine)

507a, 507b, a 507c transmission antenna

502a, 502b, a 502c training signal multiplexing means (multiplexer)

506a, 506b, and 506c Transmission section

601a, 601b, a 601c receiving antenna

605a, 605b, and 605c Reception means (receive section)
606a, 606b, and 606c Demultiplexer
607a, 607b, a 607c data restoration means (product sum operation part)
608a, 608b, and 608c Characteristic information acquisition means (weight calculation part)
612 Coupling means + decoding means (parallel serial converter + error correction decoder)
701 Antenna
702 Common machine
703 Receive section
706 Buffer
707 Amplifier
708 Transmission section
709 Amplification factor control section

[Translation done.]

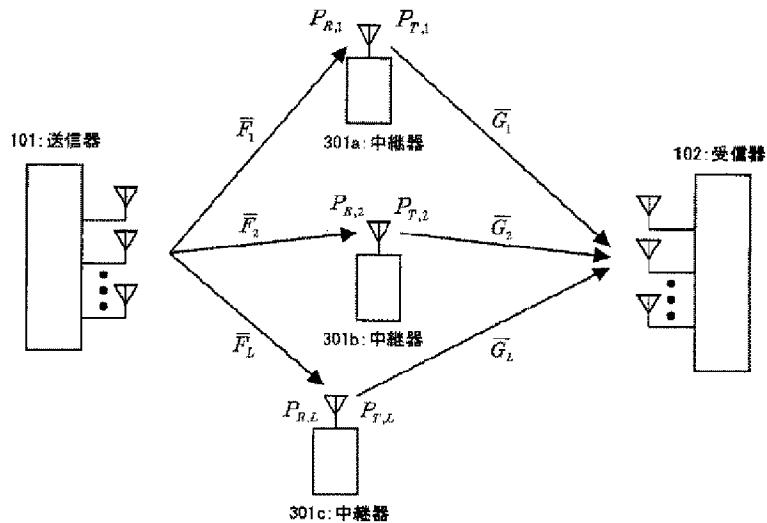
* NOTICES *

**JPO and INPI are not responsible for any
damages caused by the use of this translation.**

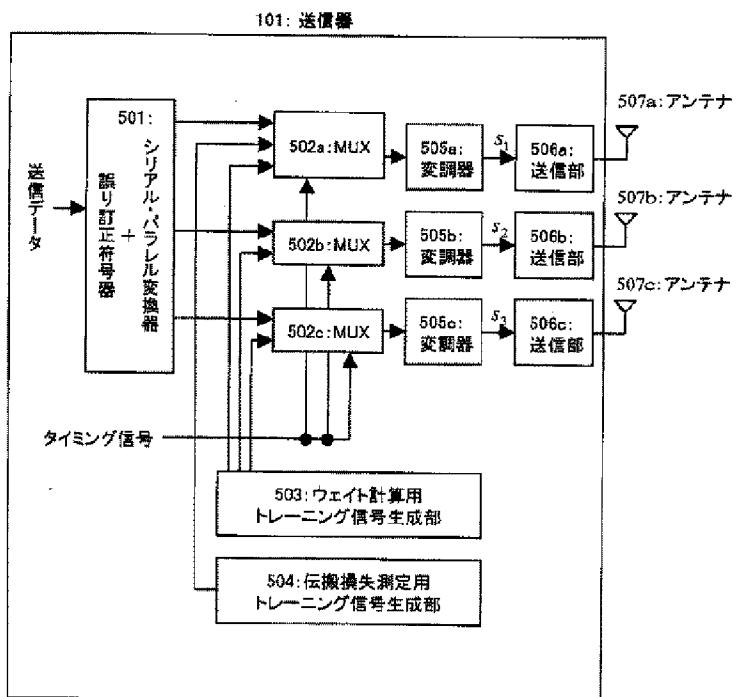
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
 - 2.**** shows the word which can not be translated.
 - 3.In the drawings, any words are not translated.
-

DRAWINGS

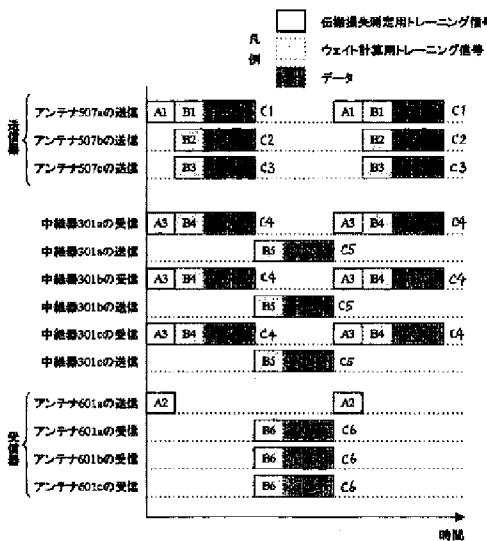
[Drawing 1]



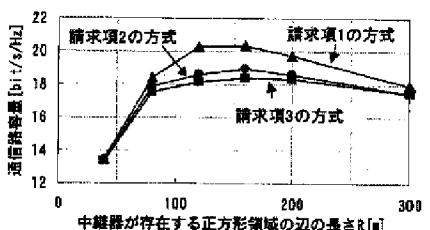
[Drawing 2]



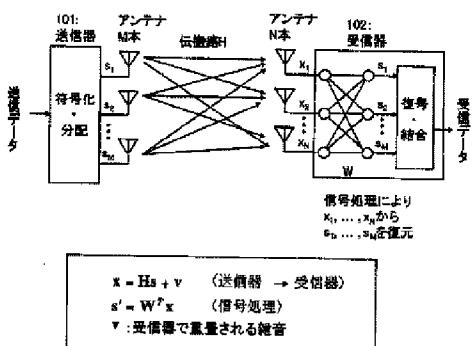
[Drawing 5]



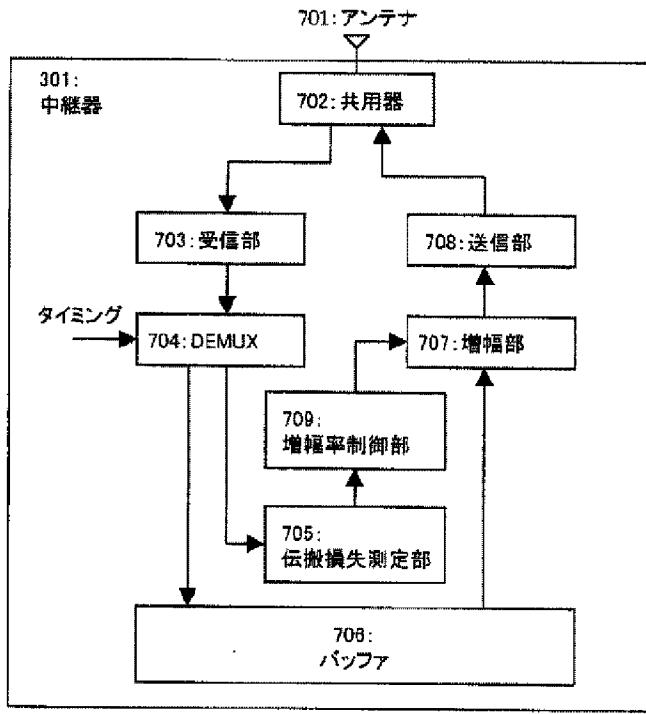
[Drawing 6]



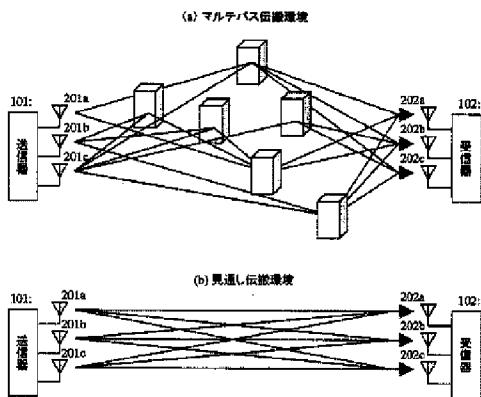
[Drawing 7]



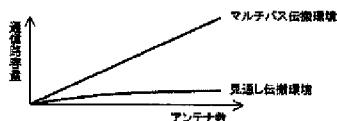
[Drawing 3]



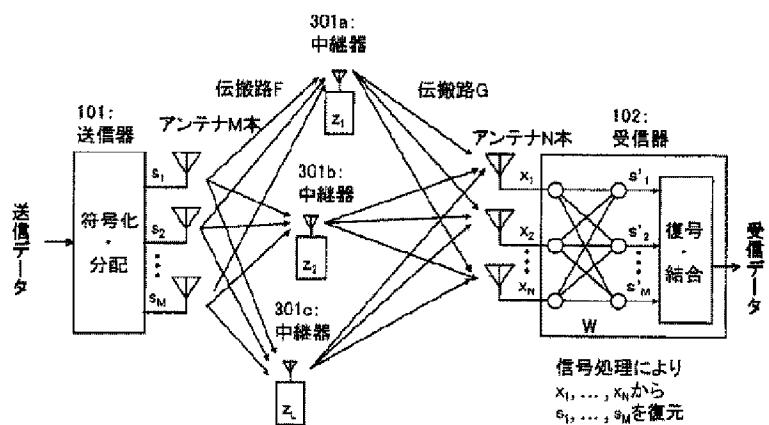
[Drawing 8]



(c) MIMO方式の通信路容量特性 (MIMO Communication Channel Capacity Characteristics)

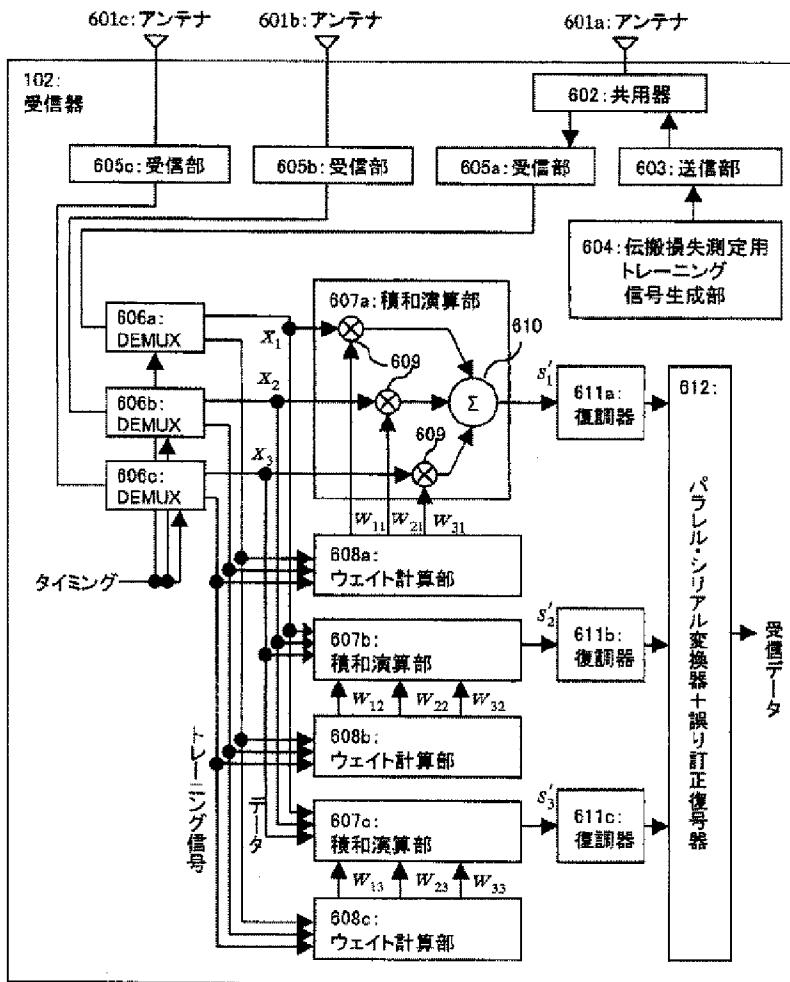


[Drawing 9]



$z = Fs + \hat{v}$	(送信器 → 中継器)
$x = Gz + \hat{v}$	(中継器 → 受信器)
$x = GFs + G\hat{v} + \hat{v}$	(送信器 → 受信器)
$s' = W^T x$	(信号処理)
\hat{v}	: 中継器で重畳される雑音
\hat{v}	: 受信器で重畳される雑音

[Drawing 4]



[Translation done.]

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-244050

(43)Date of publication of application : 29.08.2003

(51)Int.Cl.

H04B 7/212

H04B 7/26

H04J 3/00

(21)Application number : 2002-037152

(71)Applicant : HITACHI CABLE LTD
HITACHI LTD

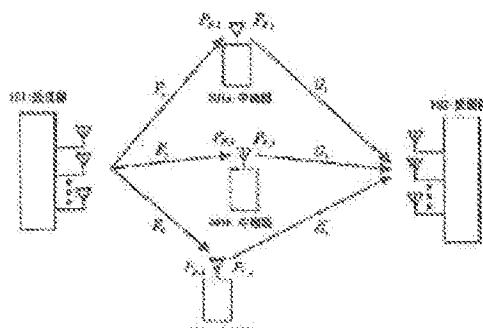
(22)Date of filing : 14.02.2002

(72)Inventor : SAKAI KATSUMI
TAMAKI TAKESHI
YANO TAKASHI

(54) METHOD FOR CONTROLLING TRANSMISSION POWER FOR REPEATER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for controlling transmission power for a repeater capable of obtaining a greater communication line capacity by controlling transmission power of the repeater so as to approach a propagation path to a multi-path propagation path in a multi-point relay transmission system.



SOLUTION: The transmission power PTi of each repeater 301 is controlled to satisfy a relation of $PT1G1=PT2G2=\dots=PTLG_L$, where L is the number of repeaters, PTi is the transmission power of the i-th repeater 301, and Gi is a propagation power loss between the i-th repeater 301 and a receiver 102.

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-244050

(P2003-244050A)

(43)公開日 平成15年8月29日(2003.8.29)

(51)Int.Cl.⁷

H 04 B 7/212
7/26
H 04 J 3/00

識別記号

1 0 2

F I

H 04 B 7/26
H 04 J 3/00
H 04 B 7/15

テーマコト^{*}(参考)

1 0 2 5 K 0 2 8
A 5 K 0 6 7
C 5 K 0 7 2

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 13 頁)

(21)出願番号

特願2002-37152(P2002-37152)

(22)出願日

平成14年2月14日(2002.2.14)

(71)出願人 000005120

日立電線株式会社

東京都千代田区大手町一丁目6番1号

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 酒井 克巳

東京都千代田区大手町一丁目6番1号 日
立電線株式会社内

(74)代理人 100068021

弁理士 絹谷 信雄

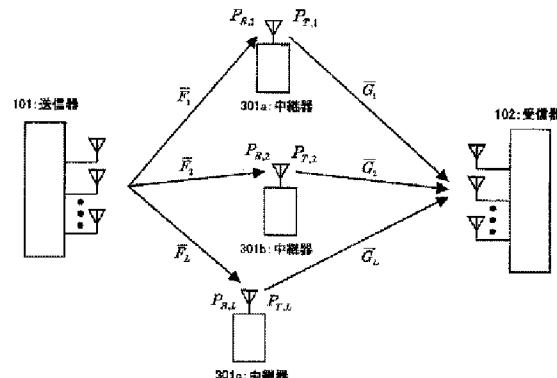
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 中継器の送信電力制御方法

(57)【要約】

【課題】 多地点中継伝送方式において中継器の送信電力を制御することで伝搬路をマルチバス伝搬路に近付け、より大きな通信路容量を得ることのできる中継器の送信電力制御方法を提供する。

【解決手段】 中継器数をLとし、i番目の中継器301の送信電力をP_{T,i}とし、i番目の中継器301と受信器102との間の伝搬電力損失をG_iとするとき、
 $P_{T,1} G_1 = P_{T,2} G_2 = \cdots = P_{T,L} G_L$
を満たすように各中継器301の送信電力P_{T,i}を制御する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 送信したいデータを複数のアンテナに分配する分配手段と、これらの分配データに受信器でデータ復元に使用するためのトレーニング信号を多重化するトレーニング信号多重化手段と、これらの多重化データを所定のタイミングでそれぞれのアンテナから無線信号として送信する送信部とを備えた送信器と、前記送信器の送信タイミングで無線信号を受信する受信手段と、受信した信号を貯えるバッファと、この貯えた信号を前記送信器の送信タイミングに対して所定時間遅延させたタイミングで無線信号として送信する送信手段とを備えた複数の中継器と、前記複数の中継器の送信タイミングで無線信号を複数のアンテナによりそれぞれ受信する受信手段と、これら受信データに多重化されているトレーニング信号から伝搬路特性に関する情報を求める特性情報取得手段と、この伝搬路特性に関する特性情報を用いて前記受信データから前記送信器が各アンテナに分配したデータを復元するデータ復元手段とを備えた受信器とを用いて送信器から複数の中継器を経て受信器に通信する多地点中継伝送方式において、中継器数をL（Lは自然数）とし、i番目（iは1からLまでの自然数）の中継器の送信電力をP_{Ti}とし、i番目の中継器と受信器との間の伝搬電力損失をG_iとするとき、

$$P_{T1} G_1 = P_{T2} G_2 = \cdots = P_{TL} G_L$$

を満たすように各中継器の送信電力P_{Ti}を制御することを特徴とする中継器の送信電力制御方法。

【請求項2】 送信したいデータを複数のアンテナに分配する分配手段と、これらの分配データに受信器でデータ復元に使用するためのトレーニング信号を多重化するトレーニング信号多重化手段と、これらの多重化データを所定のタイミングでそれぞれのアンテナから無線信号として送信する送信部とを備えた送信器と、前記送信器の送信タイミングで無線信号を受信する受信手段と、受信した信号を貯えるバッファと、この貯えた信号を前記送信器の送信タイミングに対して所定時間遅延させたタイミングで無線信号として送信する送信手段とを備えた複数の中継器と、前記複数の中継器の送信タイミングで無線信号を複数のアンテナによりそれぞれ受信する受信手段と、これら受信データに多重化されているトレーニング信号から伝搬路特性に関する情報を求める特性情報取得手段と、この伝搬路特性に関する特性情報を用いて前記受信データから前記送信器が各アンテナに分配したデータを復元するデータ復元手段とを備えた受信器とを用いて送信器から複数の中継器を経て受信器に通信する多地点中継伝送方式において、

中継器数をL（Lは自然数）とし、i番目（iは1からLまでの自然数）の中継器の送信電力をP_{Ti}とするとき、

$$P_{T1} G_1 = P_{T2} G_2 = \cdots = P_{TL} G_L$$

目の送信電力をP_{Ti}とするととき、

$$P_{T1}/P_{R1} = P_{T2}/P_{R2} = \cdots = P_{TL}/P_{RL}$$

を満たすように各中継器の送信電力P_{Ti}を制御することを特徴とする中継器の送信電力制御方法。

【請求項3】 送信したいデータを複数のアンテナに分配する分配手段と、これらの分配データに受信器でデータ復元に使用するためのトレーニング信号を多重化するトレーニング信号多重化手段と、これらの多重化データを所定のタイミングでそれぞれのアンテナから無線信号として送信する送信部とを備えた送信器と、

前記送信器の送信タイミングで無線信号を受信する受信手段と、受信した信号を貯えるバッファと、この貯えた信号を前記送信器の送信タイミングに対して所定時間遅延させたタイミングで無線信号として送信する送信手段とを備えた複数の中継器と、

前記複数の中継器の送信タイミングで無線信号を複数のアンテナによりそれぞれ受信する受信手段と、これら受信データに多重化されているトレーニング信号から伝搬路特性に関する情報を求める特性情報取得手段と、この伝搬路特性に関する特性情報を用いて前記受信データから前記送信器が各アンテナに分配したデータを復元するデータ復元手段とを備えた受信器とを用いて送信器から複数の中継器を経て受信器に通信する多地点中継伝送方式において、

前記複数の中継器の送信タイミングで無線信号を複数のアンテナによりそれぞれ受信する受信手段と、これら受信データに多重化されているトレーニング信号から伝搬路特性に関する情報を求める特性情報取得手段と、この伝搬路特性に関する特性情報を用いて前記受信データから前記送信器が各アンテナに分配したデータを復元するデータ復元手段とを備えた受信器とを用いて送信器から複数の中継器を経て受信器に通信する多地点中継伝送方式において、

中継器数をL（Lは自然数）とし、i番目（iは1からLまでの自然数）の中継器の送信電力をP_{Ti}とするとき、

$$P_{T1} = P_{T2} = \cdots = P_{TL}$$

を満たすように各中継器の送信電力P_{Ti}を制御することを特徴とする中継器の送信電力制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、複数の送信アンテナを持つ送信器と複数の受信アンテナを持つ受信器との間に複数の中継器を配置した多地点中継伝送方式に係り、特に、伝搬路をマルチバス伝搬路に近付け、より大きな通信路容量を得ることのできる中継器の送信電力制御方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来の移動通信システムにおいて、送信器から1本の送信アンテナで送信された無線信号に対して、受信器における受信感度向上のために、2本の受信アンテナを用いて受信し、信号対雑音電力比（S/N）のよい受信アンテナからの受信信号を用いる選択ダイバーシチ受信や、2本の受信アンテナからの信号を信号対雑音電力比に応じて加算する合成ダイバーシチ受信が知られている。また、第三世代移動通信規格の標準化組織のひとつである3GPP（Partnership Project）では、2本の送信アンテナから同一の信号を送信することにより、無線信号が受信器まで到着す

る経路（伝搬路）において確率的に遮蔽物の影響を受けてくくし、受信器における受信感度向上を可能とする送信ダイバーシチが検討されている。一方、前記3GPPとは別の標準化組織（3GPP2）では、図7に示されるように、送信器101において送信データを複数本（M本）の送信アンテナに分配して送信し、伝搬路Hを経て到着した無線信号を受信器102において複数本（N本）の受信アンテナにて受信し、信号処理によってN個の受信信号からM個の送信信号を求めて受信データを得るという通信方式（MIMO；Multiple Output）が提案されている。

【0003】次に、MIMO方式の原理について説明する。まず、送信器101においてM個に分配された送信信号ベクトルを $s_s = (s_1, \dots, s_m)^\top$ とする（ s_s はイメージ式では s の太字で示す）。m番目（mは1からMまでの自然数）の送信アンテナから送信された信号 s_n が h_{nn} 倍されて、n番目（nは1からNまでの自然数）の受信アンテナで受信されるとすると、n番目の受信信号 x_n は次式（1）で表される。

【0004】

【数1】

$$x_n = \left\{ \sum_{m=1}^M h_{nm} s_m \right\} + v_n \quad (n=1, \dots, N) \quad \dots (1)$$

【0005】ここで、 v_n は受信器102でn番目の受信アンテナの信号に重畠される雑音を表すものとする。

【0006】次に、 h_{nn} を要素とするN行×M列の行列 HH (HH はイメージ式では H の太字で示す)、受信信号 $x x = (x_1, \dots, x_N)^\top$ ($x x$ はイメージ式では x の太字で示す)、受信器重畠される雑音ベクトル $v v = (v_1, \dots, v_N)^\top$ を用いると、式（1）は、次式（2）のように全部の受信アンテナについてまとめて表現することができる。

【0007】

【数2】

$$x = Hs + v \quad \dots (2)$$

【0008】式（2）の伝搬路行列 HH と雑音ベクトル $v v$ とが分かれれば、受信信号 $x x$ から送信信号 $s s$ を求めることができる。しかし、通信する時間や場所によって送信器101と受信器102との間の伝搬状況が変化するため、伝搬路行列 HH は一意に定まらない。そこで、送信信号にトレーニング信号をのせ、受信器102でトレーニング信号を受信し、この受信信号から送信信*

$$x_1 = h_{11} s_1 + h_{12} s_2 + h_{13} s_3 + v_1 \quad \dots (4)$$

$$x_2 = h_{21} s_1 + h_{22} s_2 + h_{23} s_3 + v_2 \quad \dots (5)$$

$$x_3 = h_{31} s_1 + h_{32} s_2 + h_{33} s_3 + v_3 \quad \dots (6)$$

マルチバス伝搬環境では、送信アンテナ201aから受信アンテナ202aへの経路と送信アンテナ201bから受信アンテナ202aへの経路とが異なるため、伝搬路行列の要素 h_{11} と h_{12} とが異なる値をとる。一方、見通し伝搬環境では、送信アンテナ201aと送信アンテ

*号を求めるための作用行列 WW (WW はイメージ式では W の太字で示す) を計算する。この作用行列 WW を求めることにより、伝搬路行列 HH と雑音ベクトル $v v$ との状況をトレーニングによって学習したことになる。これにより、トレーニング期間以降に受信した受信信号 $x x$ と作用行列 WW を用いて、送信信号の推定値 $s s' = (s_1', \dots, s_m')^\top$ は、次式（3）で表すことができる。

【0009】

【数3】

$$s' = W^\top x$$

… (3)

【0010】このMIMO方式によれば、送信データを1本のアンテナから送る方式に比べて、理想的には送信アンテナ数倍（M倍）のデータを送ることが可能となるため、無線周波数帯域あたりの通信容量（周波数利用効率）が高い方式として期待されている。

【0011】上述のように、送信器101において複数本のアンテナに送信データを分配して送信し、受信器102において複数本のアンテナで受信した信号から信号処理によってデータを得るMIMO方式は、式（2）に示した伝搬路Hの特性に依存した方式である。図8

（a）に示すように、都市部のように建物が多く存在する場合、送信器101からの無線信号は多くの建物で反射し、様々な経路を経て受信器102に到着する。このような伝搬路（伝搬環境）をマルチバス伝搬環境と呼ぶ。また、図8（b）に示すように、送信器101と受信器102との間に障害物や反射する建物など何もないような伝搬路（伝搬環境）を見通し伝搬環境と呼ぶ。MIMO方式における通信路容量対送受信アンテナ数の特性をマルチバス伝搬環境と見通し伝搬環境とで比較したものを図8（c）に示す。図8（c）より、マルチバス伝搬環境では送受信アンテナ数の増加に比例して通信路容量が増加するが、見通し伝搬環境ではマルチバス伝搬環境に比べて通信路容量が小さく送受信アンテナ数を増やしても通信路容量が増えなくなってくる。図8に示す例において、送信器101の送信アンテナ数を3、受信器102の受信アンテナ数を3とすると、受信信号 x_1, x_2, x_3 は、式（1）を用いて次式（4）～（6）のように表すことができる。

【0012】

ナ201bとの間の距離に比べて、送信アンテナ201aと受信アンテナ202aとの間の距離及び送信アンテナ201bと受信アンテナ202aとの間の距離が大きいので、受信アンテナ202aに対して送信アンテナ201aと送信アンテナ201bとが同程度に見えるた

め、伝搬路行列の要素 h_{11} と h_{12} とは似た値となる。同様な理由により、 h_{11} と h_{13} とが、また、 h_{11} と h_{21} とが似た値となり、式(4) (5) (6) から送信信号 s_1, s_2, s_3 を分離するのが困難になる。以上の理由により、MIMO方式は、見通し伝搬環境に比べてマルチバス伝搬環境で通信路容量特性がよいといえる。

【0013】しかしながら、見通し伝搬環境においても通信路容量特性のよいMIMO方式の提供が望まれる。このような背景のもとに、見通し伝搬環境においてもMIMO方式の通信路容量を確保する通信方式として、送信器と受信器との間に中継器を用いる多地点中継伝送方式が考案されており、本出願人によって特許出願されている(特願2001-399800号)。この出願の明細書に記載されている多地点中継伝送方式を図9に示す。信号の流れに沿って説明すると、送信器101において、送信データに対して無線通信路における誤りを訂正する。

$$\mathbf{z} = \mathbf{E}\mathbf{s} + \mathbf{v}'$$

【0015】ここで、 $\mathbf{v}\mathbf{v}'$ ($\mathbf{v}\mathbf{v}'$ はイメージ式では \mathbf{v}' の太字で示す) は、重畠される雑音を表すものとする。

【0016】中継器301a, 301b, 301cに貯えられた信号 z_1, z_2, \dots, z_L は、バッファに貯ることにより所定時間遅延させてから、増幅した後に再度送信される。この中継器からの無線信号は、複数本 (N本) のアンテナを持つ受信器102によって受信される。中継器301a, 301b, 301cでの信号増幅率を k_1, k_2, \dots, k_L とし、これらを対角要素と※

$$\mathbf{x} = \mathbf{GKz} + \mathbf{v}' = \mathbf{GKFs} + \mathbf{GKv}' + \mathbf{v}''$$

【0018】ここで、 $\mathbf{v}\mathbf{v}''$ ($\mathbf{v}\mathbf{v}''$ はイメージ式では \mathbf{v}'' の太字で示す) は、重畠される雑音を表すものとする。

【0019】送信器101で送信された送信信号 $\mathbf{s}\mathbf{s} = (s_1, \dots, s_N)^\top$ を式(8)から代数的に求めるために、送信データに既知のトレーニング信号を多重化させて送信することにより、受信信号 $\mathbf{x}\mathbf{x} = (x_1, \dots, x_N)^\top$ から送信信号 $\mathbf{s}\mathbf{s} = (s_1, \dots, s_N)^\top$ を求めるための行列WWをMMSE(Minimum Me★

$$\mathbf{s}' = \mathbf{W}^\top \mathbf{x}$$

【0021】式(9)で得られた送信アンテナM本の信号 s_1', \dots, s_N' を結合し、結合したデータに対して誤り訂正復号処理を行うことにより、受信データを得ることができる。

【0022】以上説明したとおり、送信器101と受信器102との間に複数の中継器を介設することにより、送信器101から中継器までの伝搬路と中継器から受信器102までの伝搬路とが独立に生成されるため、多地点に中継器を設置することにより、マルチバス伝搬環境と同様な伝搬路特性を生成することが可能となる。これにより、見通し伝搬環境においてもマルチバス伝搬環境

* 正できるように冗長度を付加する符号化処理を行い、符号化データを複数本 (M本) のアンテナに対応して s_1, s_2, \dots, s_N に分配して送信する。送信器101から送信された無線信号は、複数個 (L個) の中継器301a, 301b, 301cに到達し、中継器のバッファに各々 z_1, z_2, \dots, z_L として貯えられる。このとき、送信器101と中継器301a, 301b, 301cとの間の伝搬路特性を表す行列を伝搬路行列FF (FFはイメージ式ではFの太字で示す) とすると、中継器301a, 301b, 301cに貯えられた信号 $z = (z_1, z_2, \dots, z_L)$ (zzはイメージ式ではzの太字で示す) は、式(2)より次式(7)のように表すことができる。

【0014】

【数4】

… (7)

※する行列をKK (KKはイメージ式ではKの太字で示す) = diag(k_1, k_2, \dots, k_L) (diag()は対角行列を意味する) とし、中継器301a, 301b, 301cと受信器102との間の伝搬路特性を表す行列を伝搬路行列GG (GGはイメージ式ではGの太字で示す) とすると、受信器102で受信した受信信号 $\mathbf{x}\mathbf{x} = (x_1, \dots, x_N)^\top$ は、式(2)と式(7)とより、次式(8)のように表すことができる。

【0017】

【数5】

… (8)

30★ an Square Error) のSMI (Samp led Matrix Inverse) 法を使用することによって求めることができる。行列WWが求まると、送信器101でM本のアンテナに分割された信号を復元した推定値 $\mathbf{s}\mathbf{s}' = (s_1', \dots, s_N')^\top$ が次式(9)によって求めることができる。

【0020】

【数6】

… (9)

40と同様な通信路容量特性が得られる。

【0023】

【発明が解決しようとする課題】前述の先行出願に述べられている多地点中継伝送方式を用いた場合、送信器101と受信器102との間の伝搬路の伝搬路特性は、式(2)と式(8)との比較からGGKKFF (イメージ式ではGKFの太字) で与えられる。多地点中継方式では伝搬路特性GGKKFFをマルチバス伝搬路の特性に近付けるほど通信路容量が大きくなり、逆に見通し伝搬路の特性に近付けるほど通信路容量が小さくなる。このため多地点中継伝送方式においては送信器受信器間伝搬

路特性G G K K F F をマルチバス伝搬路特性に近付けることが通信路容量を大きくする上で重要となる。

【0024】例えば、中継器が空間的に固まって（集まっている）存在する場合には、伝搬路特性F F 及びG G の各要素は前述のように互いに似た値となり、その結果、送信器1 0 1と受信器1 0 2との間の伝搬環境は見通し伝搬環境に近くなり、通信路容量は小さくなる。逆に、中継器が空間的に広がって存在する場合には、送信器1 0 1と受信器1 0 2との間の伝搬環境はマルチバス伝搬環境に近くなりやすい。従って、多地点中継方式では、送信器1 0 1と受信器1 0 2との間の伝搬環境をマルチバス伝搬環境に近付けるために、中継器が空間的にある程度広がって存在することが必要となる。

【0025】一方、送信器1 0 1と受信器1 0 2との間の伝搬路特性G G K K F F の中に中継器の増幅率の行列K K が含まれていることに着目すると、伝搬環境をさらにマルチバス伝搬環境に近付けることができると考えられる。しかし、中継器の増幅率K K をどのような値にすれば通信路容量が大きくなるかについては知られていない。

【0026】中継器の増幅率K K を制御することは、言い換えると、中継器の送信電力を制御することである。

【0027】そこで、本発明の目的は、上記課題を解決し、多地点中継伝送方式において中継器の送信電力を制御することで伝搬路をマルチバス伝搬路に近付け、より大きな通信路容量を得ることのできる中継器の送信電力*

$$P_{T_1} G_1 = P_{T_2} G_2 = \dots = P_{T_L} G_L \quad (10)$$

を満たすように各中継器の送信電力P_{Ti}を制御する。※※【0029】また、請求項2の発明では、

$$P_{T_1}/P_{R_1} = P_{T_2}/P_{R_2} = \dots = P_{T_L}/P_{R_L} \quad (11)$$

を満たすように各中継器の送信電力P_{Ti}を制御する。★30★【0030】また、請求項3の発明では、

$$P_{T_1} = P_{T_2} = \dots = P_{T_L} \quad (12)$$

を満たすように各中継器の送信電力P_{Ti}を制御する。

【0031】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施形態を添付図面に基づいて詳述する。

【0032】図1に示されるように、本発明に係る多地点中継伝送方式を用いた伝送システムには、M本の送信アンテナを持つ送信器1 0 1とN本の受信アンテナを持つ受信器1 0 2との間に複数L個の中継器3 0 1 a, 3 0 1 b, 3 0 1 cが配置されている。ここでは、請求項1の発明について送信器1 0 1のアンテナ数が2、受信器1 0 2のアンテナ数が2、中継器数が2として動作☆

$$\begin{aligned} P_{T_1} &= \langle |k_1 z_1|^2 \rangle \\ &= (\text{近似}) \langle |k_1 (f_{11}s_1 + f_{12}s_2)|^2 \rangle \end{aligned} \quad (13)$$

ここで⟨ ⟩は、平均を意味する。また、= (近似)は近似等号である。送信器1 0 1の各送信アンテナは通常互いに近接して設置されており、各送信アンテナ間の距離は送信器中継器間距離よりも十分短いため、送信器1 0 1のどの送信アンテナについても、送信器と中継器と◆

$$F_1 = (\text{近似}) |f_{11}|^2 = (\text{近似}) |f_{12}|^2 \quad (14)$$

* 制御方法を提供することにある。

【0028】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、送信したいデータを複数のアンテナに分配する分配手段と、これらの分配データに受信器でデータ復元に使用するためのトレーニング信号を多重化するトレーニング信号多重化手段と、これらの多重化データを所定のタイミングでそれぞれのアンテナから無線信号として送信する送信部とを備えた送信器と、前記送信器の送信タイミングで無線信号を受信する受信手段と、受信した信号を貯えるバッファと、この貯えた信号を前記送信器の送信タイミングに対して所定時間遅延させたタイミングで無線信号として送信する送信手段とを備えた複数の中継器と、前記複数の中継器の送信タイミングで無線信号を複数のアンテナによりそれぞれ受信する受信手段と、これら受信データに多重化されているトレーニング信号から伝搬路特性に関する情報を求める特性情報取得手段と、この伝搬路特性に関する特性情報を用いて前記受信データから前記送信器が各アンテナに分配したデータを復元するデータ復元手段とを備えた受信器とを用いて送信器から複数の中継器を経て受信器に通信する多地点中継伝送方式において、中継器数をL (Lは自然数) とし、i番目 (iは1からLまでの自然数) の中継器の受信電力をP_{Ri}とし、i番目の中継器の送信電力をP_{Ti}とし、i番目の中継器と受信器との間の伝搬電力損失をG_iとするとき、請求項1の発明では、

$$(10)$$

【0029】また、請求項2の発明では、

$$(11)$$

【0030】また、請求項3の発明では、

$$(12)$$

☆を具体的に説明するが、送信アンテナ数M、受信アンテナ数N、中継器数Lが任意のものについても同様の動作であることは勿論である。

【0033】まず、中継器の送信電力制御方法と中継器の増幅率との関係について説明する。第1の中継器 (i = 1) 3 0 1 aの送信信号は、式(7)及び式(8)からk₁ z₁となる。第1の中継器3 0 1 aの送信電力P_{T1}は、行列F F のi行j列の要素をf_{ij}とし、k₁ z₁に含まれる雑音成分は信号成分に比べ十分に小さいと近似すると、次式(13)で与えられる。

【0034】

◆の間の伝搬路係数f₁₁は同程度になると考えられるので、|f₁₁| = (近似) |f₁₂|と近似できる。この近似を使用すると、送信器1 0 1と第1の中継器3 0 1 aとの間の伝搬電力損失F₁は、

と表すことができる。さらに、2本の送信アンテナの送信信号 s_1, s_2 相互間には相関がないと仮定すると、*

$$P_{T1} = (\text{近似}) |k_1|^2 F_1 (|s_1|^2 + |s_2|^2)^{1/2} \quad (15)$$

同様に、 $|f_{z1}| = (\text{近似}) |f_{z2}|$ と近似すると、送信器 101 と第2の中継器 301b との間の伝搬電力損失 F_z は式(16)で表すことができ、第2の中継器 3 は式(17)で表すことができる。

$$F_z = (\text{近似}) |f_{z1}|^2 = (\text{近似}) |f_{z2}|^2 \quad (16)$$

$$P_{T2} = (\text{近似}) |k_2|^2 F_z (|s_1|^2 + |s_2|^2)^{1/2} \quad (17)$$

また、行列 GG の i 行 j 列の要素を g_{ij} とし、送信器中継器間と同様の考え方により、 $|g_{11}| = (\text{近似}) |g_{12}|, |g_{21}| = (\text{近似}) |g_{22}|$ と近似すると、第1の中継器 301a と受信器 102 との間の伝搬電力損失★

$$G_1 = (\text{近似}) |g_{11}|^2 = (\text{近似}) |g_{12}|^2 \quad (18)$$

$$G_2 = (\text{近似}) |g_{21}|^2 = (\text{近似}) |g_{22}|^2 \quad (19)$$

ここで、請求項1の式(10)に式(15)(17)を適用し、両辺の平方根をとると、式★

$$k_1 \sqrt{(F_1 G_1)} = (\text{近似}) k_2 \sqrt{(F_z G_2)} \quad (20)$$

のことから請求項1の送信電力制御方法を適用する場合には、第1、第2の中継器 301a, 301b の信号増幅率 k_1, k_2, \dots, k_L を式(20)により決定することになる。

◆ 【0040】

$$\begin{aligned} k_1 \sqrt{(F_1 G_1)} &= (\text{近似}) k_2 \sqrt{(F_z G_2)} = (\text{近似}) \\ &\cdots = (\text{近似}) k_L \sqrt{(F_L G_L)} \end{aligned} \quad (21)$$

即ち、請求項1の式(10)を再掲すると、

$$P_{T1} G_1 = P_{T2} G_2 = \cdots = P_{TL} G_L \quad (10)$$

である。中継器の受信電力 $P_{Ri} = (\text{近似}) F_i \times (\text{送信器の送信電力})$ 、中継器の送信電力 $P_{Ti} = k_i^2 P_{Ri}$ であることから、式(10)を送信器の送信電力の式に変形し、共通項である送信器の送信電力を消去すると、 $k_1^2 F_1 G_1 = k_2^2 F_2 G_2 = \cdots = k_L^2 F_L G_L$ が得られる。この式の両辺の平方根をとると、式(21)が得られる。

* 【数7】

$$GGF = \begin{pmatrix} g_{11}k_1f_{11} + g_{12}k_2f_{21} & g_{11}k_1f_{12} + g_{12}k_2f_{22} \\ g_{21}k_1f_{11} + g_{22}k_2f_{21} & g_{21}k_1f_{12} + g_{22}k_2f_{22} \end{pmatrix} \quad \cdots (22)$$

【0043】式(22)は、行列 GGKKFF の各要素が第1の中継器 301a を経由する伝搬路と第2の中継器 301b を経由する伝搬路との和の形で表されることを意味している。式(22)に式(14)(16)(17)を適用すると、式(23)が得られる。

$$GGF = \begin{pmatrix} |g_{11}k_1f_{11}|d_{11,11} + |g_{12}k_2f_{21}|d_{12,11} & |g_{11}k_1f_{11}|d_{11,22} + |g_{12}k_2f_{21}|d_{12,22} \\ |g_{21}k_1f_{11}|d_{21,11} + |g_{22}k_2f_{21}|d_{22,11} & |g_{21}k_1f_{11}|d_{21,22} + |g_{22}k_2f_{21}|d_{22,22} \end{pmatrix} \quad \cdots (23)$$

【0045】ここで、 $d_{n1,nm} = g_{n1}f_{1m}/|g_{n1}f_{1m}|$ である。 $d_{n1,nm}$ は絶対値が1の複素数であり、その偏角は m 番目の送信アンテナから 1 番目の中継器 301a を経由し n 番目の受信アンテナへ至る伝搬路の位相である。

★

$$GGF = |g_{11}k_1f_{11}| \begin{pmatrix} d_{11,11} + d_{12,22} & d_{11,12} + d_{12,21} \\ d_{21,11} + d_{22,22} & d_{21,12} + d_{22,21} \end{pmatrix} \quad \cdots (24)$$

【0048】式(24)から伝搬路特性 GGKKFF の各要素は、互いに大きさが等しく位相が異なる複素数の

和の形となる。つまり、伝搬路特性GGKKFFの各要素が互いに独立した値になりやすい。よって、伝搬路特性GGKKFFがマルチバス伝搬路特性に近付き、通信路容量が大きくなる。

【0049】一方、本発明の送信電力制御を行わない場合として、極端な例であるが、 $|g_{11}k_{11}f_{11}| >> |g_{22}k_{22}f_{22}|$ という場合を考えると、2番目の中継器301bは伝搬路特性GGKKFFをマルチバス伝搬路特性に近付けることに役に立っていないため、その分だけ伝搬路特性GGKKFFがマルチバス伝搬路特性から遠ざかる（見通し伝搬路特性に近付く）ことになる。

【0050】次に、送信器、中継器、及び受信器の構成をそれぞれ説明する。

【0051】まず、送信器101は、図2に示されるように、シリアル送信データを入力とし、データ誤りに対する誤り訂正を行うために、このシリアル送信データに冗長度を附加する符号化を行う符号化手段（誤り訂正符号器）及び符号化されたデータをシリアルパラレル変換することにより、送信したいデータを複数の送信アンテナ507a, 507b, 507cに分配する分配手段（シリアル・パラレル変換器）501と、これらの分配データに受信器でデータ復元に使用するためのトレーニング信号を多重化するトレーニング信号多重化手段（マルチブレクサ）502a, 502b, 502cと、複素ベースバンド信号を搬送波に載せて送信アンテナ507a, 507b, 507cから送信する送信部506a, 506b, 506cとを備える。503は、データ復元用のトレーニング信号であるウェイト計算用トレーニング信号を生成するウェイト計算用トレーニング信号生成部である。504は、送信電力制御用のトレーニング信号である伝搬損失測定用トレーニング信号を生成する伝搬損失測定用トレーニング信号生成部である。505a, 505b, 505cは、各多重化データを複素ベースバンド信号に変換する変調器である。

【0052】中継器301は、図3に示されるように、送信器101の送信タイミングで無線信号を受信する受信手段（アンテナ701, 共用器702, アンテナ701）で受信した信号から搬送波成分を除去し複素ベースバンド信号を求める受信部703）と、タイミング信号に応じて、受信した信号から伝搬損失測定用トレーニング信号と貯えるべき信号とを分離するマルチブレクサ704と、伝搬損失測定用トレーニング信号から伝搬損失を測定する伝搬損失測定部705と、その伝搬損失に基づいて增幅率を制御する增幅率制御部709と、受信した信号を貯えるバッファ706と、タイミング信号に応じて、この貯えた信号を送信器101の送信タイミングに対して所定時間遅延させたタイミングで無線信号として送信する送信手段（增幅部707, 増幅部707で増幅された複素ベースバンド信号を搬送波に載せてアンテナ701から送信する送信部708, 共用器702, アンテナ701）とを備える。

【0053】受信器102は、図4に示されるように、複数の中継器301の送信タイミングで無線信号を複数の受信アンテナ601a, 601b, 601cによりそれぞれ受信する受信手段（受信アンテナ601a, 601b, 601cで受信した信号から搬送波成分を除去し複素ベースバンド信号を求める受信部605a, 605b, 605c）と、タイミング信号に応じて、受信した信号からウェイト計算用トレーニング信号と受信データとを分離するマルチブレクサ606a, 606b, 606cと、これら受信データに多重化されていたウェイト計算用トレーニング信号から伝搬路特性に関する情報を求める特性情報取得手段（ウェイト計算部608a, 608b, 608c）と、この伝搬路特性に関する特性情報を用いて受信データから送信器101が各送信アンテナ507a, 507b, 507cに分配したデータを復元するデータ復元手段（積和演算部607a, 607b, 607c）と、これら分配されたデータをパラレルシリアル変換することにより、送信器101が符号化したシリアルデータとして結合する結合手段（パラレル・シリアル変換器）及びそのシリアルデータに対して誤り訂正を行う復号化手段（誤り訂正復号器）612を備える。611a, 611b, 611cは、複素ベースバンド信号をバイナリデータに変換する復調器である。604は伝搬損失測定用トレーニング信号を生成する伝搬損失測定用トレーニング信号生成部である。603は、伝搬損失測定用トレーニング信号を中継器301に送信するための送信部である。受信アンテナ601aは、共用器602を介して送信にも使用される。積和演算部607a, 607b, 607cは、互いに同等の内部構造を有するので、積和演算部607aのみ詳しく示してある。即ち、積和演算部607aは、乗算器609と加算器610とからなる。

【0054】以上説明した送信器、中継器、及び受信器によって図1の伝送システムが構成されている。この伝送システムでは、送信器から受信器へ送信したいデータ（以下、通信データと記す）のほかに、ウェイト計算用トレーニング信号及び伝搬損失測定用トレーニング信号が送受信されることになる。

【0055】まず、通信データがどのように送受信されるかを説明する。送信器101において通信データは、誤り訂正符号器+シリアル・パラレル変換器501で誤り訂正符号化された後にパラレルデータに変換される。パラレルデータのそれぞれは、マルチブレクサ502a, 502b, 502cを経由してから変調器505a, 505b, 505cで変調され、送信アンテナ507a, 507b, 507cから無線信号として送信される。送信器101から送信された通信データは、中継器301a, 301b, 301cにおいてアンテナ701で受信され、共用器702、受信部703、マルチブ

レクサ704を経てバッファ706に貯えられる。バッファ706に貯えられた通信データは、予め決められた時間が経過した後に、増幅部707において増幅され、再びアンテナ701から送信される。このときの増幅部707の増幅率が増幅率制御部709の出力により制御される。中継器301a, 301b, 301cから送信された通信データは、受信器102において受信アンテナ601a, 601b, 601cで受信され、デマルチブレクサ606a, 606b, 606cを経て、積和演算部607a, 607b, 607cへ送られる。積和演算部607a, 607b, 607cでは、ウェイト計算部608a, 608b, 608cで求めた重みと受信信号(通信データ)とが乗算された後に加算され、送信器101の各送信アンテナ507a, 507b, 507cから送信された通信データが復元される。さらに、パラレル・シリアル変換器+誤り訂正復号器612において、復元された通信データはシリアルデータに変換され、誤り訂正が行われて送信器101における当初の通信データとなる。

【0056】ここで、タイミング制御について説明を附加すると、送信器101、中継器301a, 301b, 301c、受信器102の間では、送受信のタイミングが同期している。即ち、図5に示されるように、送信器101において伝搬損失測定用トレーニング信号A1、ウェイト計算用トレーニング信号B1, B2, B3、通信データC1, C2, C3が順に送信されている間、受信器102は伝搬損失測定用トレーニング信号A2をA1と同じタイミングで送信する。これと同時に中継器301a, 301b, 301cでは、これらの無線信号を伝搬損失測定用トレーニング信号A3、ウェイト計算用トレーニング信号B4, B4, B4、通信データC4, C4, C4として受信し、バッファ706に貯える。

【0057】中継器301a, 301b, 301cは、所定時間経過後、好ましくは送信器101からの送信が終了したタイミングで、バッファ706からのウェイト計算用トレーニング信号B5, B5, B5、通信データC5, C5, C5を送信する。これと同時に受信器102では、これらの無線信号をウェイト計算用トレーニング信号B6, B6, B6、通信データC6, C6, C6として受信する。

【0058】送信器101及び受信器102は、所定時間経過後、好ましくは中継器301a, 301b, 301cからの送信が終了したタイミングで、次のデータ送信のサイクルに入る。このようにして、送信器から中継器への無線送信と中継器から受信器への無線送信とが交互するサイクルが繰り返される。

【0059】互いに空間的に離れた送信器101、中継器301a, 301b, 301c、受信器102の間で上記のタイミングの同期を図るために、例えば、送信器101は、図5には示さないパイロット信号を送信す

る。パイロット信号は、送信器101が図5に示した無線信号を送信するタイミングに同期している。中継器301a, 301b, 301c、受信器102は、パイロット信号を受信し、このパイロット信号を時間的基準として送受信動作を制御する。

【0060】次に、ウェイト計算用トレーニング信号について説明する。送信器101において、ウェイト計算用トレーニング信号生成部503aが送信アンテナ507a, 507b, 507c用にそれぞれ異なるパターンのウェイト計算用トレーニング信号を生成する。このウェイト計算用トレーニング信号は、マルチブレクサ502a, 502b, 502cで通信データと多重化され、通信データと同様に送信アンテナ507a, 507b, 507cから送信される。送信器101から送信されたウェイト計算用トレーニング信号は、中継器301a, 301b, 301cにおいてアンテナ701で受信され、通信データと同様の手順でバッファ706に貯えられた後に再度送信される。中継器301a, 301b, 301cから送信されたウェイト計算用トレーニング信号は、受信器102において受信アンテナ601a, 601b, 601cで受信され、デマルチブレクサ606a, 606b, 606cを経て、ウェイト計算部608a, 608b, 608cへ送られる。ウェイト計算部608a, 608b, 608cでは、例えば、MMSEにおけるSMI法により、重み行列WWが計算される。

【0061】次に、伝搬損失測定用トレーニング信号について説明する。送信器101の伝搬損失測定用トレーニング信号生成部504において、送信器と中継器との間の伝搬損失F₁を求めるための伝搬損失測定用トレーニング信号が生成される。この伝搬損失測定用トレーニング信号は、マルチブレクサ502aで通信データ及びウェイト計算用トレーニング信号と多重化されて送信アンテナ507aから送信される。一方、受信器102の伝搬損失測定用トレーニング信号生成部604においては、中継器と受信器との間の伝搬損失G₁を求めるための伝搬損失測定用トレーニング信号が生成される。この伝搬損失測定用トレーニング信号は、受信アンテナ(送信兼用)601aから送信される。送信器101から送信された伝搬損失測定用トレーニング信号と受信器102から送信された伝搬損失測定用トレーニング信号との比から伝搬損失F₁, G₁を算出する。

なお、伝搬損失F₁を求めるための伝搬損失測定用トレーニング信号と伝搬損失G₁を求めるための伝搬損失測定用トレーニング信号とを互いに異なるパターンの信号とすれば、この2つの伝搬損失測定用トレーニ

グ信号を識別することは可能である。増幅率制御部709では伝搬損失 F_i , G_i を用いて、式(21)を変形して得られる次式(25)により、増幅率 k_i を算出*

$$k_i = \frac{A}{\sqrt{F_i G_i}} \quad (i=1, \dots, L)$$

【0063】ここで、Aは予め決めておく定数であり、各中継器301a, 301b, 301cで同じ値を使用する。これにより、中継器301a, 301b, 301c間で式(21)が満足され、請求項1の式(10)が満足されるので、送信器101から中継器301a, 301b, 301cを経て受信器102に至る伝搬路の特性がマルチバス伝搬路特性に近付き、通信路容量が大きくなる。

【0064】なお、この実施形態では、送信器中継器間の伝搬損失 F_i を測定するために伝搬損失測定用トレーニング信号を用いているが、別の実施形態として、ウェイット計算用トレーニング信号を伝搬損失 F_i の測定にも利用することができる。この場合、送信器101の伝搬損失測定用トレーニング信号生成部504は不要となり、受信器102のみ伝搬損失測定用トレーニング信号生成部604を設けることになる。

【0065】次に、請求項2の発明の実施形態を説明する。これまでに説明した図2の送信器、図3の中継器、及び図4の受信器によって図1の伝送システムが構成さ

$$k_i = \frac{A}{\sqrt{F_i}} \quad (i=1, \dots, L)$$

【0068】ここで、Aは予め決めておく定数であり、各中継器301a, 301b, 301cで同じ値を使用する。

【0069】これを実現するには、各中継器301a, 301b, 301cの増幅部707において増幅率を式(26)に従って決めればよい。このとき中継器受信器間の伝搬損失 G_i は不要となるので、受信器102の伝搬損失測定用トレーニング信号生成部604は不要となり、送信器101のみ伝搬損失測定用トレーニング信号生成部504を設ければよいので、請求項1の発明の実施形態よりも装置構成は簡素になる。

【0070】次に、請求項3の発明の実施形態を説明する。これまでに説明した図2の送信器、図3の中継器、及び図4の受信器によって図1の伝送システムが構成されているものとする。ここでは、各中継器301a, 301b, 301cにおいて増幅率制御部709の代わりにAGC(Auto Gain Control)を設け、増幅部707で予め決められた振幅まで増幅するようく制御すれば、請求項3の式(12)が満たされる。このとき、伝搬損失測定用トレーニング信号は不要となるので、伝搬損失測定部705、伝搬損失測定用トレーニング信号生成部504, 604は不要となる。つま

*し、増幅部707の増幅率を制御する。

【0062】

【数10】

… (25)

※れているものとする。このとき、全ての中継器301a, 301b, 301cで増幅率 k_i を同じにすると、10請求項2の式(11)が満たされる。これを実現するには、中継器301a, 301b, 301cの増幅部707において増幅率を予め決められた同じ値とすればよい。このとき、伝搬損失測定用トレーニング信号は不要となるので、伝搬損失測定部705、伝搬損失測定用トレーニング信号生成部504, 604は不要となる。つまり、送信器101及び受信器102は従来からあるものを使用することができる。従って、請求項1の発明の実施形態よりも装置構成は簡素になる。

【0066】次に、請求項3の発明の実施形態を説明する。これまでに説明した図2の送信器、図3の中継器、及び図4の受信器によって図1の伝送システムが構成されているものとする。このとき、各中継器301a, 301b, 301cの増幅率 k_i を次式(26)により定めれば、請求項3の式(12)が満たされる。

【0067】

【数11】

… (26)

り、送信器101及び受信器102は従来からあるものを使用することができる。従って、請求項1の発明の実施形態よりも装置構成は簡素になる。

【0071】以上の実施形態では、中継器の受信電力 P_{ri} 、送信電力 P_{ti} 、伝搬電力損失 F_i , G_i を用いたが、各中継器のアンテナ利得が異なる場合には、アンテナ利得分を受信電力、送信電力に含めて考えれば本発明を実施することができる。

【0072】また、L個の中継器の全てが式(10)、式(11)、或いは式(12)を満たすものとしたが、いくつかの中継器がこれらの式を満たさない場合でも、40伝搬路の特性をマルチバス伝搬路特性に可及的に近付けることができ、通信路容量を大きくすることができますので、本発明はこのような場合を排除するものではない。

【0073】また、送信しようとする通信データがシリアルデータであるとし、このシリアルデータをパラレルに変換してM本の送信アンテナに分配し、受信器にて結合してシリアルデータに戻したが、もともとパラレルの通信データをM本の送信アンテナから送信する場合でも本発明は有効である。

【0074】次に、効果を実験的に確認する。ここで50は、中継器は、送信器と受信器との中间点を中心とし一

辺の長さがRの正方形内に一様分布するものとし、平均伝送容量を計算する。送信器、受信器のアンテナは各6本とし、形状は半波長間隔 ($f_c = 2 \text{ GHz}$) のリニアアレーとする。送信器受信器間隔を100mとする。送信器の送信電力は、非中継時に受信器でSNR 30dBとなる電力とし、各アンテナの送信電力は等しいとする。中継器の送信電力の合計は送信器の全送信電力と等しいとする。中継器数は30とする。電力は距離の2乗に反比例するものとする。各受信アンテナ及び中継器に加わる雑音電力は等しいとする。

【0075】以上の条件において請求項1、2、3の送信電力制御方式を適用した場合の通信路容量を異なるRについて計算し、図6に記入する。請求項1の方式によるものを黒三角、請求項2の方式によるものを黒丸、請求項1の方式によるものを黒四角で示す。図示のように、請求項1の送信電力制御方式が最も通信路容量を大きくすることができます。請求項2、3の送信電力制御方式は、通信路容量がやや小さいが、前述のように装置構成が簡素になるという利点がある。

【0076】以上まとめると、送信器から複数アンテナに分配して送信した無線信号を複数の中継器でバッファリングした後に再度送信し、この中継器からの無線信号を受信器の複数アンテナで受信することで、送信器と受信器とが直接見通すことができる見通し伝搬環境においても疑似的にマルチバス伝搬環境を作り出すことができる多地点中継伝送型のMIMO方式において、本発明により、各中継器から送信した電力がほぼ等しい電力で受信器に届くように各中継器の送信電力を制御することで、本発明の制御を行わない場合よりも、送信器と受信器との間の伝搬路をマルチバス伝搬路により近付けることができるため、通信路容量をより大きくすることができます。

【0077】

【発明の効果】本発明は次の如き優れた効果を發揮する。

【0078】(1) 請求項1の発明によれば、伝搬路特性を表す行列式の各要素が互いに独立した値になるため、伝搬路特性がマルチバス伝搬路特性に近付き、通信路容量が大きくなる。

【0079】(2) 請求項2の発明によれば、請求項1ほどではないが、伝搬路特性がマルチバス伝搬路特性に近付き、通信路容量が大きくなり、しかも、簡素な構成で実現することができる。

【0080】(3) 請求項3の発明によれば、請求項1ほどではないが、伝搬路特性がマルチバス伝搬路特性に近付き、通信路容量が大きくなり、しかも、簡素な構成で実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態を示す伝送システムの構成図である。

【図2】本発明を実施するための送信器の構成図である。

【図3】本発明を実施するための中継器の構成図である。

【図4】本発明を実施するための受信器の構成図である。

10 【図5】本発明における送受信のタイミング図である。

【図6】本発明の伝送システムの空間的広がりと通信路容量との関係図である。

【図7】MIMO方式による伝送システムの構成図である。

【図8】MIMO方式による伝送システムにおける伝搬環境と通信路容量との関係を示す図であり、(a)はマルチバス伝搬環境の構成図、(b)は見通し伝搬環境の構成図、(c)はアンテナ数対通信路容量の特性図である。

20 【図9】本発明の基礎となる多地点中継伝送型MIMO方式による伝送システムの構成図である。

【符号の説明】

101 送信器

102 受信器

301, 301a, 301b, 301c 中継器

501 符号化手段+分配手段（誤り訂正符号器+シリアル・パラレル変換器）

507a, 507b, 507c 送信アンテナ

30 502a, 502b, 502c トレーニング信号多重化手段（マルチプレクサ）

506a, 506b, 506c 送信部

601a, 601b, 601c 受信アンテナ

605a, 605b, 605c 受信手段（受信部）

606a, 606b, 606c デマルチプレクサ

607a, 607b, 607c データ復元手段（積和演算部）

608a, 608b, 608c 特性情報取得手段（ウェイト計算部）

40 612 結合手段+復号化手段（パラレル・シリアル変換器+誤り訂正復号器）

701 アンテナ

702 共用器

703 受信部

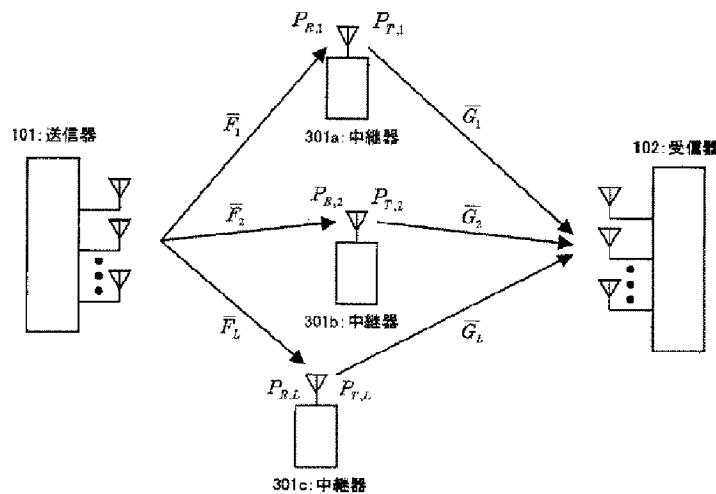
706 バッファ

707 増幅部

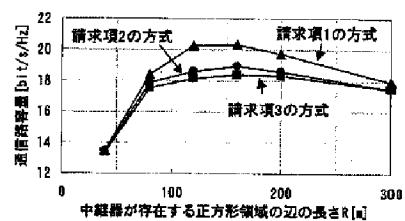
708 送信部

709 増幅率制御部

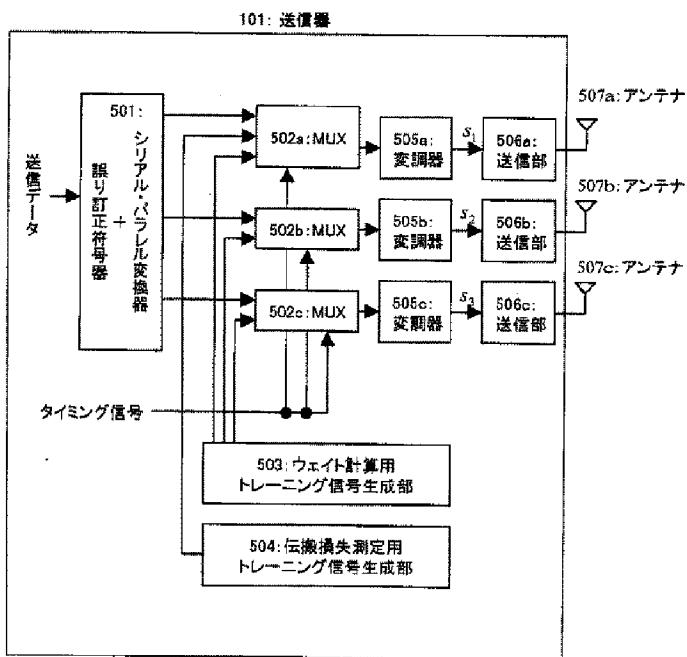
【図1】



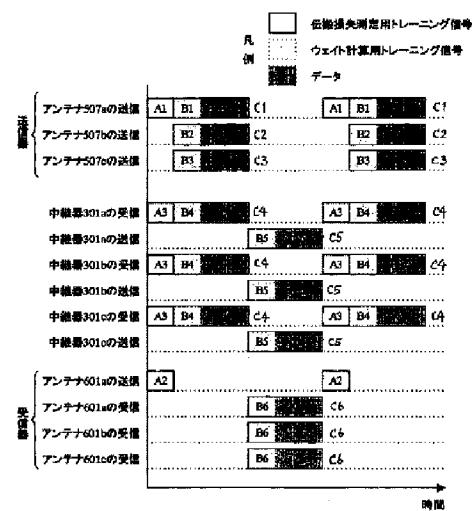
【図6】



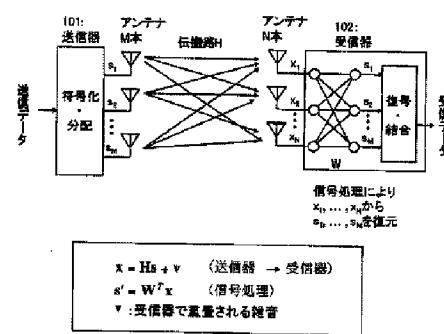
【図2】



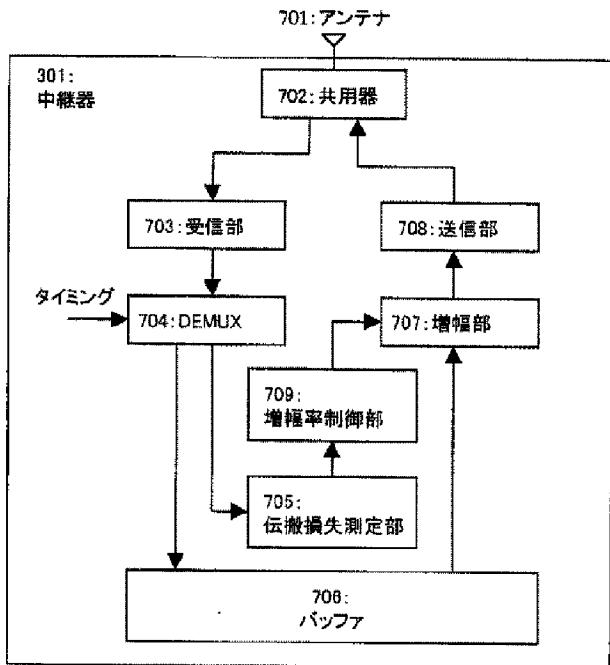
【図5】



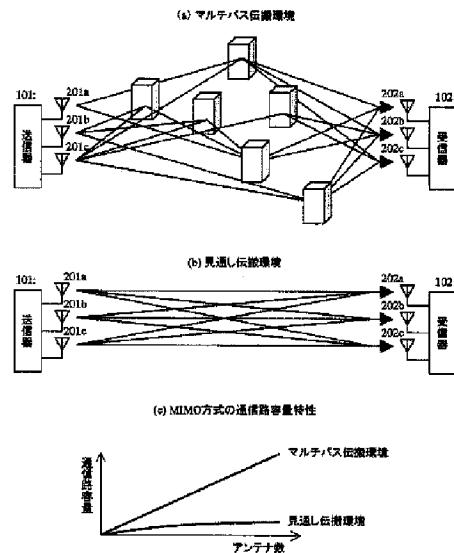
【図7】



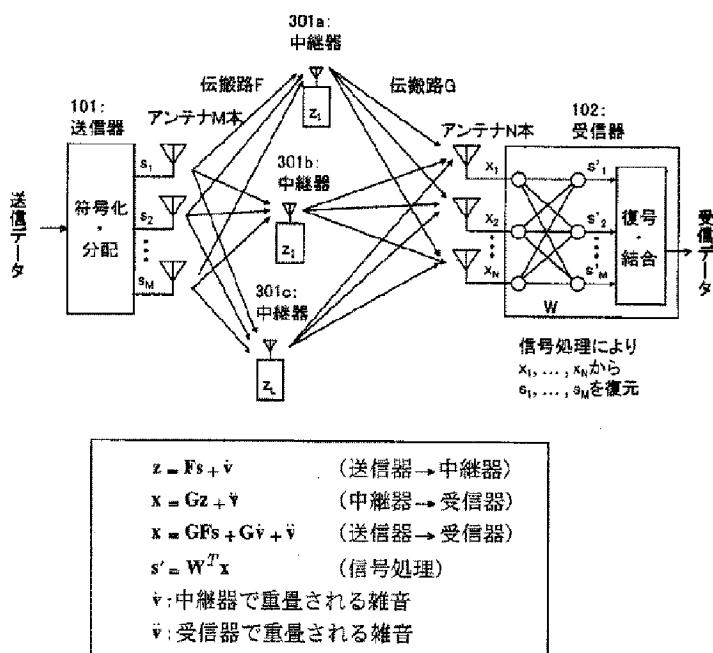
【図3】



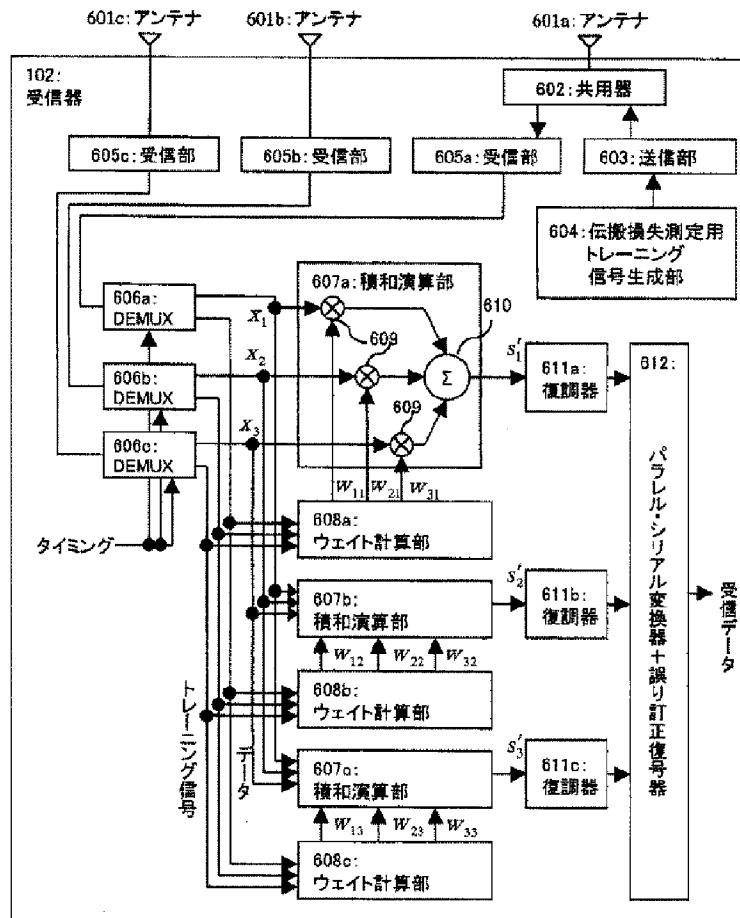
【図8】



【図9】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 玉木 剛

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 矢野 隆

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内

F ターム(参考) 5K028 AA06 AA11 BB06 CC02 CC05

DD04 KK01 KK03

5K067 AA02 AA11 CC24 EE06 EE10

GG08 KK03

5K072 AA01 AA19 BB02 BB27 CC02

CC35 DD15 EE06 EE19 FF17

GG12 GG13 GG14 GG34 GG37